TIMKEN®
Manuale Tecnico
per l'Industria
Siderurgica
THE TIMKEN COMPANY

““Se tu hai un’idea che pensi sia giusta, portala a compimento”.

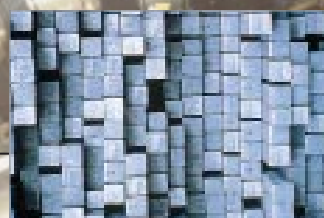
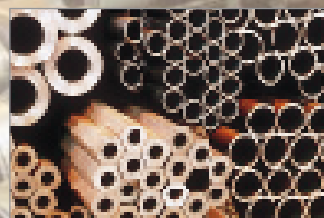
HENRY TIMKEN, 1831 - 1910

Dimostrando proprietà affascinanti ed offrendo una moltitudine di impieghi, il metallo ha subito giocato un ruolo chiave nella storia dell’uomo e la sua produzione è rapidamente diventata una questione strategica.

Non sorprende quindi se l’uomo si è continuamente sforzato per secoli di migliorare la qualità del metallo e di trovare metodi innovativi, più veloci e più economici per produrlo.

*E non c’è rimedio (relief) oggi, in un mercato sempre più segnato da una competizione globale, **the heat is on** come mai prima d’ora con richieste sempre più pressanti sull’approccio dell’industria siderurgica per servire i suoi mercati. Per sopravvivere, oggi è richiesta un nuova forma di collaborazione.*

Ciò richiede uno spirito di gruppo ed un reale sforzo comune da parte di tutti i rappresentanti dell’industria siderurgica, i costruttori di laminatoi, gli utilizzatori di laminatoi ed i fornitori leader di cuscinetti come la Società Timken, tra l’altro, uno dei principali produttori di acciaio.

Noi siamo impegnati a giocare la nostra parte nello sviluppare tali collaborazioni sinergetiche sia con i nostri attuali clienti che con i futuri partner.

L'acciaio, specialmente tubi e barre di acciaio legato, rappresenta una delle due attività principali della Società Timken.

Come nel Settore dei Cuscinetti, la nostra unica missione nel settore dell'acciaio è di migliorare continuamente i nostri prodotti e innalzare la qualità del servizio al cliente. Per ultimo, dobbiamo aggiungere valore alle applicazioni dei nostri clienti.

Questo è l'obiettivo primario sul quale sono focalizzate tutte le risorse chiave della nostra società, dalle tecnologie alla progettazione, ai sistemi di gestione, produzione e marketing.

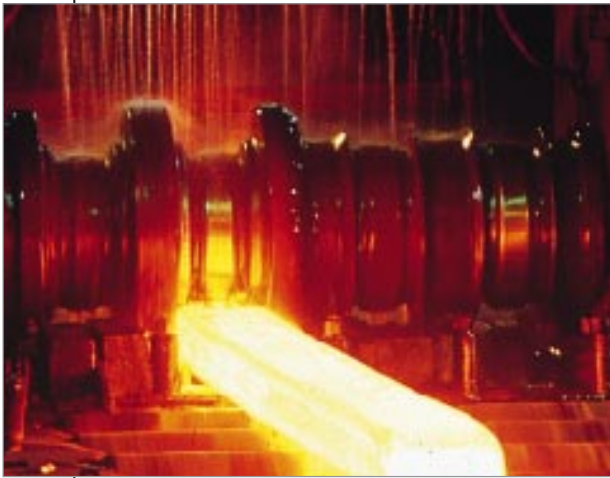
Continui miglioramenti del prodotto e degli standard di servizio rappresentano un compito costoso e noi, alla Società Timken, siamo costantemente impegnati nell'investire in nuovi stabilimenti e nuovi equipaggiamenti per la produzione di acciaio e cuscinetti.

La domanda del mercato per acciai pregiati e per cuscinetti con maggiori prestazioni ci ha incoraggiato a produrre acciai sempre più puri negli anni. A sua volta, tutto ciò ci ha permesso di offrire cuscinetti con caratteristiche e prestazioni sostanzialmente migliorate.

Riconoscere le vostre esigenze

Ambiente più pulito

Qualità del prodotto

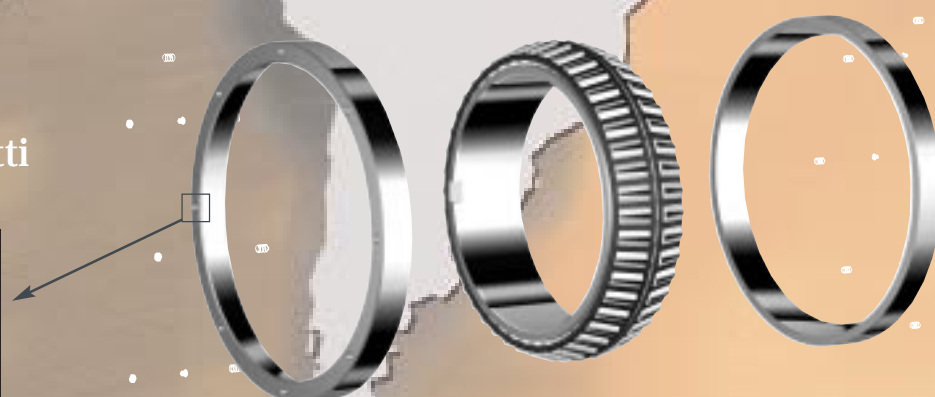
Costi di manutenzione più bassi

Maggiori riduzioni

Velocità più alte

Servire i clienti con profitto

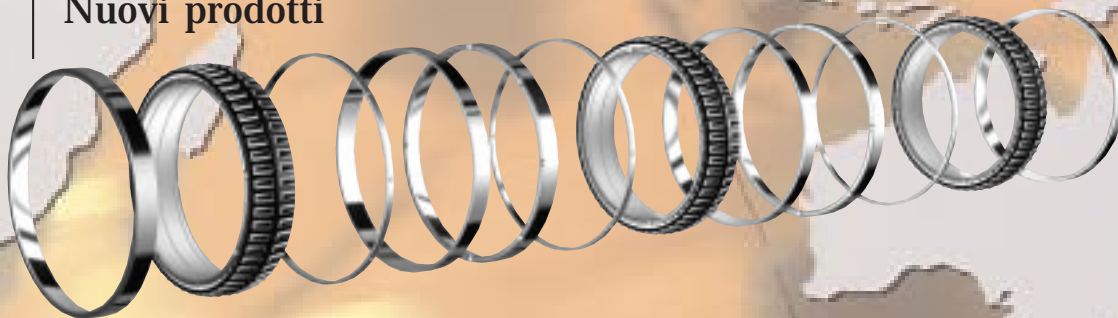
Processi produttivi molto avanzati

Reparto di ricondizionamento dei cuscinetti

Nuovi prodotti

Il supporto Timken

Esperti tecnici di assistenza presso il vostro impianto di laminazione

Ingegneri di vendita e Ufficio Tecnico per supporto alle applicazioni

Nuovi prodotti

Presenza in tutto il mondo

I Vostri Vantaggi

Disegno dei cuscinetti ottimizzato e prestazioni dell'applicazione sono ottenute grazie ad un rapporto di collaborazione sin dall'inizio del progetto del laminatoio, attraverso la sua realizzazione e avviamento della produzione e per tutto il suo periodo di funzionamento.

Minori costi di manutenzione dovuti alla maggiore durata dei cuscinetti per tonnellata di metallo prodotto, e costante collaborazione nel risolvere i problemi.

Aumentata Produttività

Maggior rendimento

Prodotto di alta qualità

Pagina

Pagina

Pagina

1. Caratteristiche e vantaggi del cuscinetto a rulli conici che potreste aver dimenticato

1.1. I componenti e le combinazioni possibili

1.1.1. Cono, coppa, rulli, gabbia (Fig. 1-1)

Fig. 1-1
Componenti di un cuscinetto a rulli cinici a singola fila (tipo TS) : cono, coppa, rulli, gabbia.

I cuscinetti a rulli conici sono costituiti da quattro componenti base che sono : l'anello interno o cono, l'anello esterno o coppa, i rulli conici e la gabbia. La gabbia può essere del tipo stampato come mostrato nella Fig. 1-1 o del tipo a perni come mostrato nei cuscinetti di Fig. 1-2. I rulli conici ruotano tra l'anello interno e l'anello esterno mentre la gabbia mantiene i rulli equamente distanziati fra loro.

1.1.2. Cuscinetti a singola fila, doppia fila, quattro file, sei file, reggispinta assiali (Fig. 1-2)

Come si può vedere, si possono considerare molteplici combinazioni dalla singola fila a più file di rulli, con basse od elevate capacità di carico radiale e/o assiale.

1. Caratteristiche e vantaggi del cuscinetto a rulli conici che potreste aver dimenticato

1.1.3. Vantaggi per il progettista

Il cuscinetto a rulli conici, per le sue caratteristiche intrinseche e per la grande varietà di combinazioni possibili, è in grado di soddisfare la maggior parte delle necessità dei progettisti nei ristretti limiti di spazio spesso richiesti.

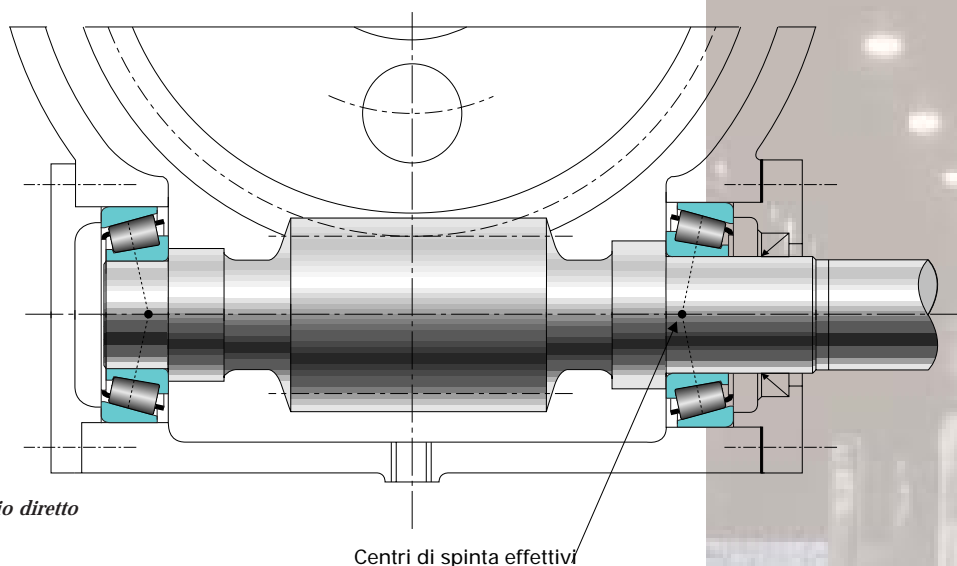



Fig. 1-3
Montaggio diretto

- La prima scelta è di montare un cuscinetto a singola fila contro l'altro. I cuscinetti possono essere disposti a montaggio "diretto" con i centri di spinta effettivi (punto di applicazione del carico) verso l'interno (Fig. 1-3) o "indiretto" con i centri di spinta effettivi verso l'esterno (Fig. 1-4). La distanza tra i due cuscinetti dipende dalle esigenze dell'applicazione.

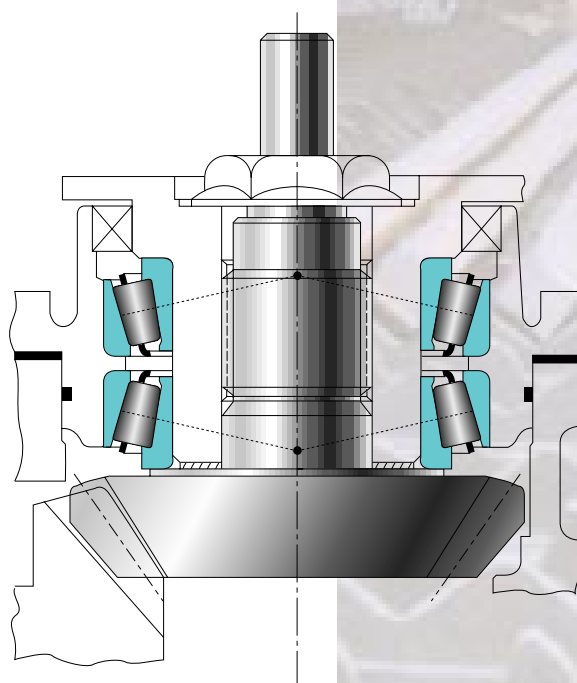



Fig. 1-4
Montaggio indiretto

- Assemblaggi di cuscinetti a due file di rulli sono comunemente utilizzati in applicazioni come riduttori ad ingranaggi ed aspi avvolgitori. Per bloccare l'albero assialmente si utilizza la posizione "fissa" da un lato, mentre dall'altro la posizione "flottante" permette di assorbire sia eventuali dilatazioni termiche sia l'accumulo di tolleranze (Fig. 1-5).
- Cuscinetti a quattro file sono usati principalmente sui colli dei cilindri, dove agiscono elevati carichi radiali ed è disponibile uno spazio radiale limitato (anche assemblaggi a sei file sono stati utilizzati con successo, Fig. 1-6). Questi cuscinetti sono in grado di sopportare anche carichi assiali agenti in entrambe le direzioni.

Fig. 1-5

Posizione fissa

Posizione flottante

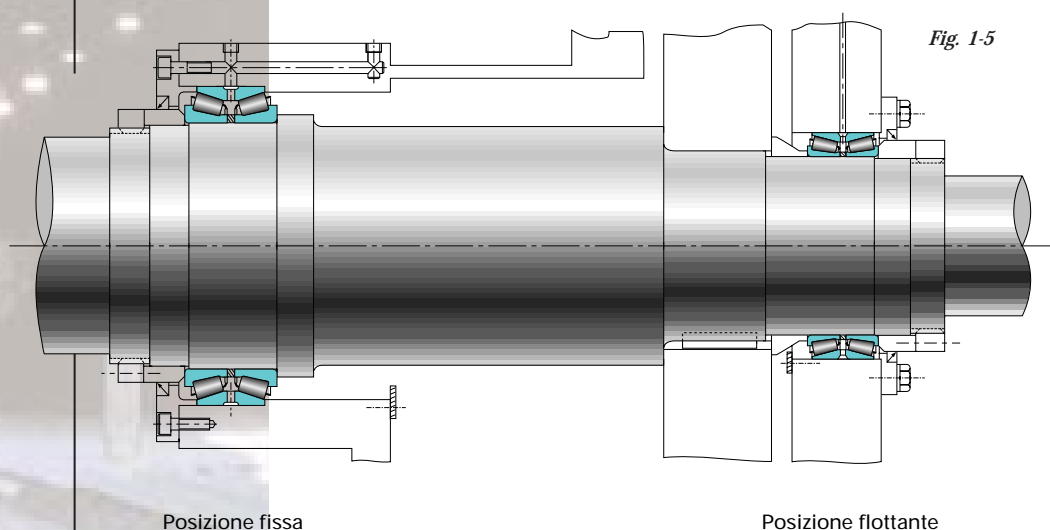
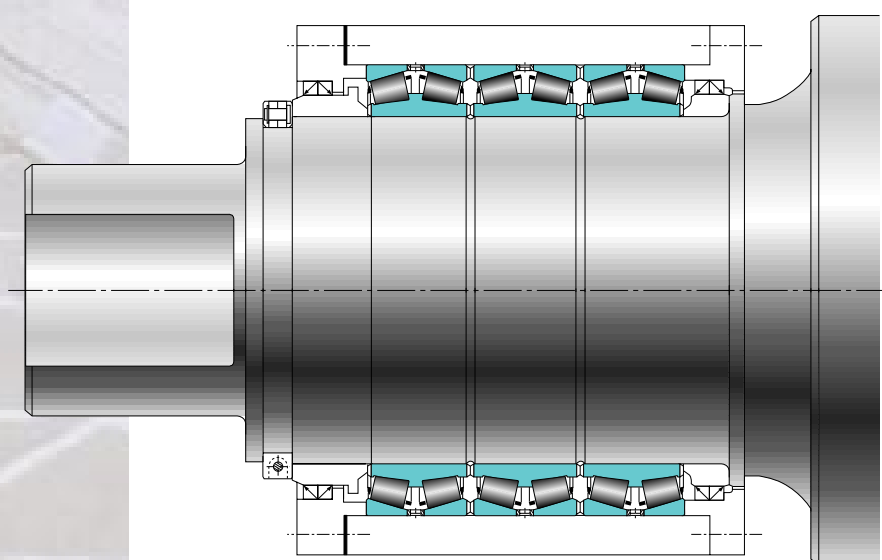
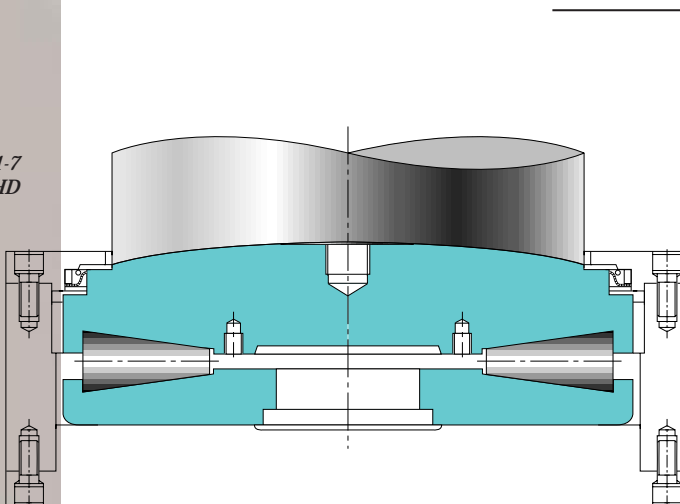



Fig. 1-6

Fig. 1-7
Cuscinetto reggispinta assiale tipo TTHD

- Nel caso di forti carichi assiali agenti in un unica direzione, come nelle vite di pressione, sono disponibili cuscinetti reggispinta assiali per servizio pesante (heavy duty) (Fig. 1-7). Se si dispone di un ridotto ingombro radiale, per ottenere la capacità di carico assiale richiesta, si può considerare l'utilizzo in tandem di cuscinetti TS a forte conicità (Fig. 1-8).

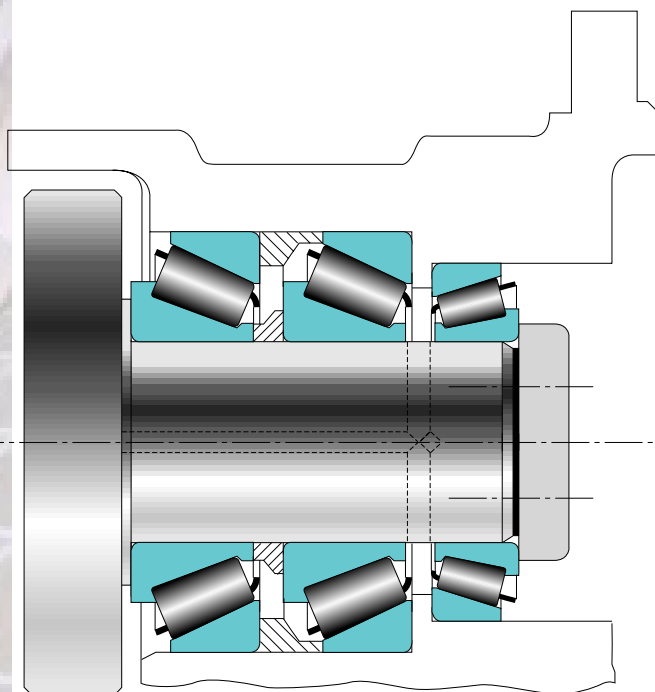



Fig. 1-8
Assemblaggio in tandem di cuscinetti TS per carichi assiali

- Per sistemi di *shifting* assiale o di incrocio dei cilindri di lavoro dove agiscono elevati carichi assiali in entrambe le direzioni, si può utilizzare un assemblaggio di cuscinetti a due file a forte conicità (Fig. 1-9). Se questi carichi assiali sono estremamente elevati, il cuscinetto a forte conicità può essere sostituito da un cuscinetto reggispinta assiale a doppio effetto (Fig. 1-10).

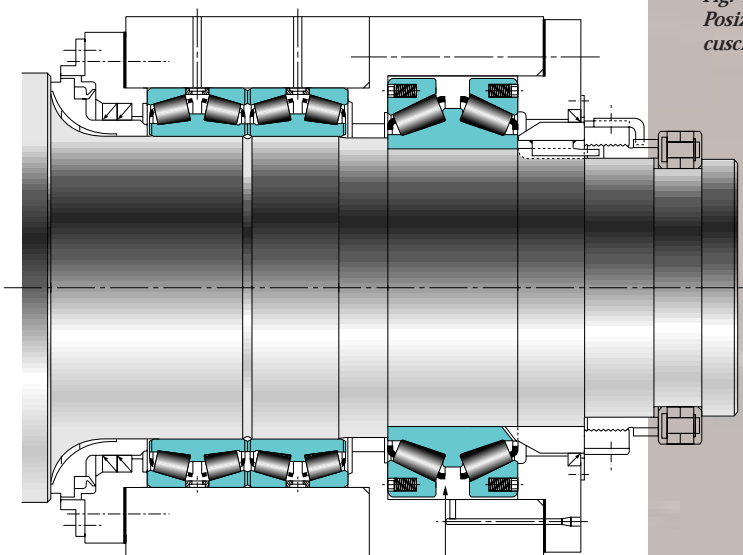



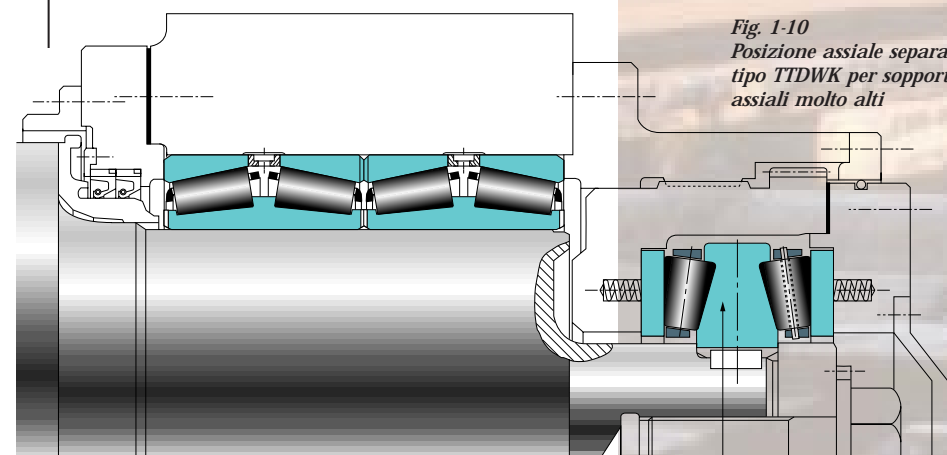
Fig. 1-9
Posizione assiale separata con un cuscinetto del tipo TDIK

Posizione assiale separata

Fig. 1-10
Posizione assiale separata con cuscinetto tipo TTDWK per sopportare carichi assiali molto alti

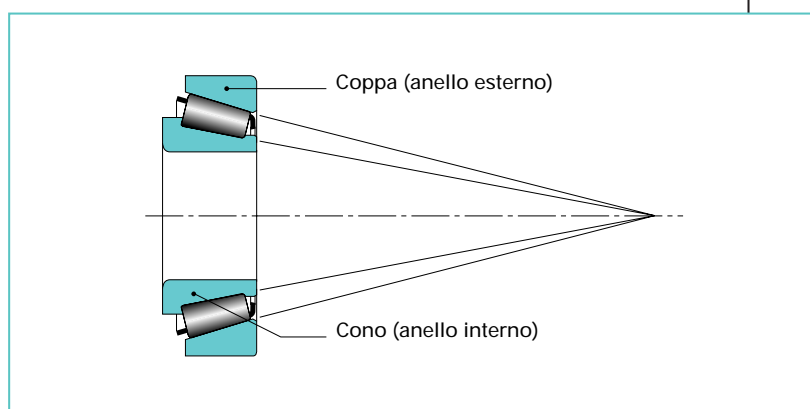
Per sopportare carichi assiali molto alti

Come si può vedere ci sono molte possibili combinazioni e gli ingegneri della Timken sono disponibili a lavorare con Voi per trovare la soluzione più appropriata e soddisfare le prestazioni della vostra applicazione.

1.2. Moto di puro rotolamento

1.2.1. Cosa significa ?

L'estensione delle generatrici delle piste e dei rulli di un cuscinetto a rulli conici sono disegnate per convergere in un unico punto sull'asse di rotazione. Questo disegno "on-apex" significa che ogni punto lungo le piste (cono, coppa e rulli) è soggetto alla stessa velocità circonferenziale (Fig. 1-11).

Fig. 1-11
Il disegno "on-apex" produce un moto di puro rotolamento in tutti i punti lungo il corpo del rullo

1.2.2. Vantaggi per le prestazioni dell'applicazione

Questo disegno "on-apex" aiuta ad eliminare qualsiasi effetto di strisciamento sulle zone delle piste del cuscinetto a rulli conici che sopportano il carico. Perciò, l'attrito e l'intraversamento dei rulli dovuti ad un possibile effetto di strisciamento sarà estremamente limitato in confronto ad altri tipi di cuscinetti. La durata risulta migliorata e la velocità, in condizioni di carico medio ed elevato, può essere aumentata anche con sistemi convenzionali di lubrificazione.

1.3. Effettivo allineamento dei rulli

1.3.1. Cosa significa ?

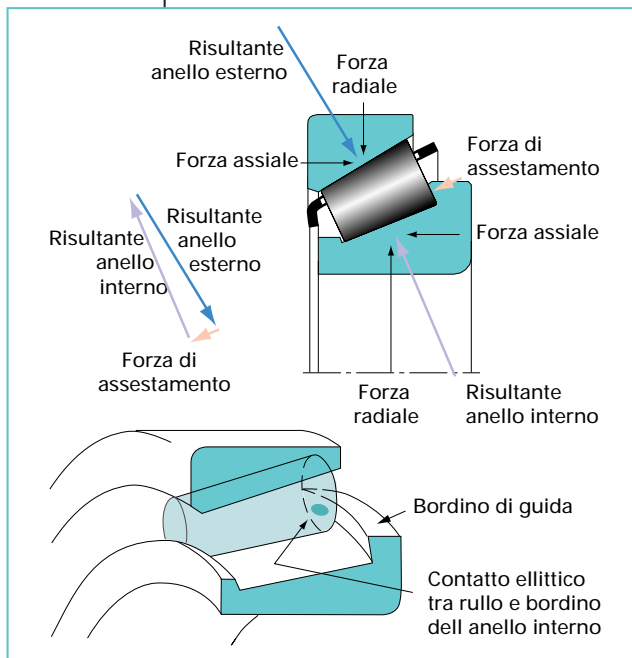



Fig. 1-12
Una piccola forza di assestamento mantiene costantemente allineati i rulli contro il bordino dell'anello interno

L'allineamento effettivo del rullo è una delle più importanti caratteristiche dei cuscinetti a rulli conici. La configurazione conica del rullo non solo assicura un moto di puro rotolamento con unvesteso contatto lineare ma genera anche una forza di “assestamento” che posiziona il rullo contro il bordino dell'anello interno. Questa forza di assestamento è funzione della differenza fra gli angoli della pista interna ed esterna. (ved. diagramma vettoriale Fig. 1-12). Essa previene l'intraversamento dei rulli al di fuori dalla linea di “apex” mantenendo perciò i rulli sempre effettivamente allineati e posizionati contro il bordino dell'anello interno.

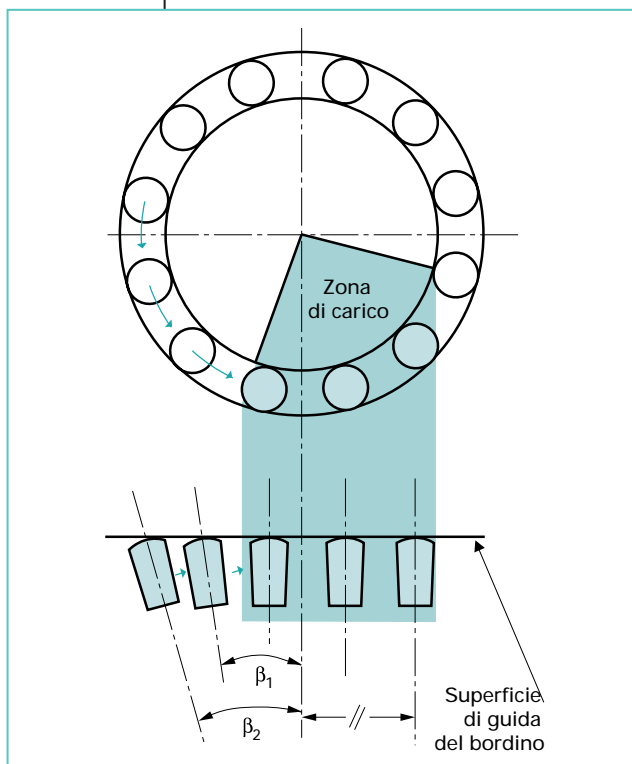
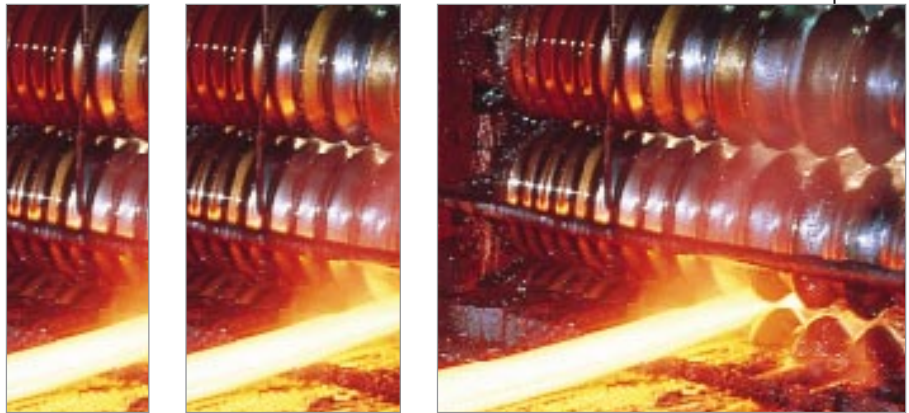
1.3.2. Vantaggi per le prestazioni dell'applicazione

Grazie al limitato effetto di intraversamento si avrà una maggiore durata del cuscinetto (angolo β di Fig. 1-13). Di sicuro, quando un rullo arriva nella zona di carico, è essenziale che questo rullo sia progressivamente allineato. L'effetto di intraversamento nei cuscinetti a rotolamento “senza bordino di guida” causa un improvviso riallineamento forzato dei rulli, che provoca eccessive sollecitazioni di contatto lungo le piste. In questo caso, anche la gabbia sarà sottoposta a forti carichi ad urto dai rulli intraversati.

Fig. 1-13
Con la superficie di guida del bordino di un cuscinetto a rulli conici, i rulli sono progressivamente allineati quando entrano nella zona di carico

1.4. Elevata capacità radiale ed assiale

1.4.1. Cosa significa ?

Per il disegno conico, il cuscinetto a rulli conici è capace di sopportare una combinazione di notevoli carichi radiali ed assiali. In funzione del tipo di carico previsto nell'applicazione, si può scegliere una serie ad alta capacità di carico radiale (bassa conicità, Fig. 1-14a) o ad alta capacità di carico assiale (forte conicità, Fig. 1-14b).

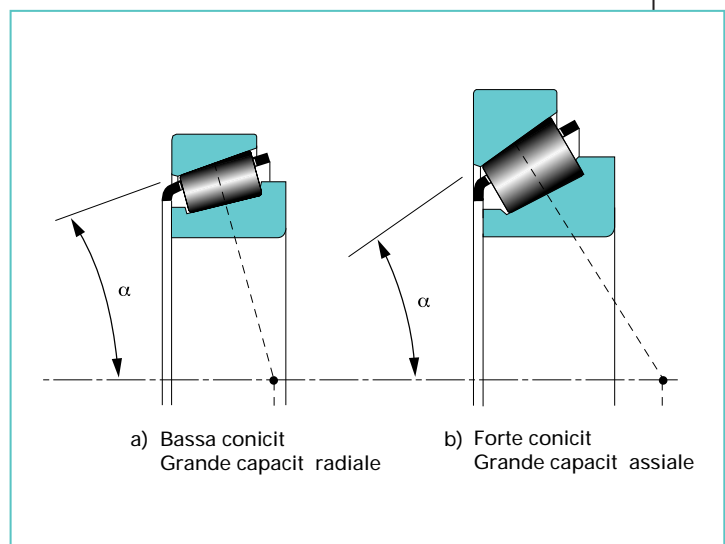



Fig. 1-14
Geometria interna adatta a qualsiasi combinazione di carichi radiali ed assiali

1.4.2. Vantaggi per il progettista

Anche in presenza di elevati carichi radiali, assiali o combinati, qualsiasi progettista sarà in grado di trovare il corretto cuscinetto a rulli conici Timken che soddisfi le sue specifiche esigenze in termini di massima capacità di carico con il minimo ingombro (Fig. 1-15). Nella maggior parte dei casi, non ci sarà il bisogno di un cuscinetto assiale aggiuntivo. Questo contribuirà alla riduzione dei costi dell'applicazione.

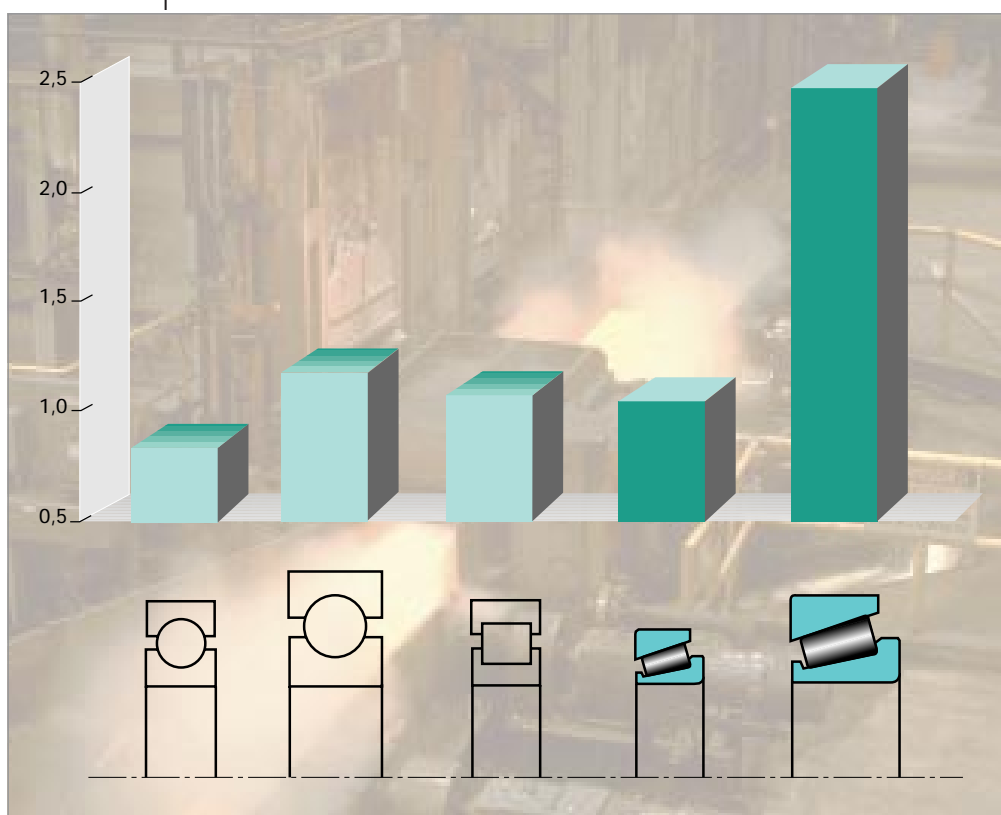



Fig. 1-15
La stessa durata a fatica calcolata per un cuscinetto a sfere o a rulli cilindrici può essere ottenuta, nelle stesse condizioni di carico radiale/assiale combinate, da un cuscinetto a rulli conici con diametro esterno molto più piccolo. In alternativa, un cuscinetto a rulli conici avente lo stesso diametro esterno può raggiungere una durata a fatica decisamente superiore.

1.5. Gioco-precarico interno adattabile

1.5.1. Cosa significa ?

Ogni cuscinetto a rulli conici, essendo montato come 2 singole file di rulli o come assemblaggio, può avere il suo gioco radiale interno adattato alle specifiche esigenze dell'applicazione. Questo gioco radiale interno è in realtà adattato muovendo assialmente la posizione dell'anello esterno relativamente all'anello interno (Fig. 1-16). Il gioco radiale, che controlla la zona di carico, è da 1/2 a 1/5 lo spostamento assiale dovuto alla configurazione conica del cuscinetto. Perciò, l'adattamento del gioco assiale Vi permetterà di ottenere un gioco radiale risultante "R" molto accurato (Fig. 1-17).

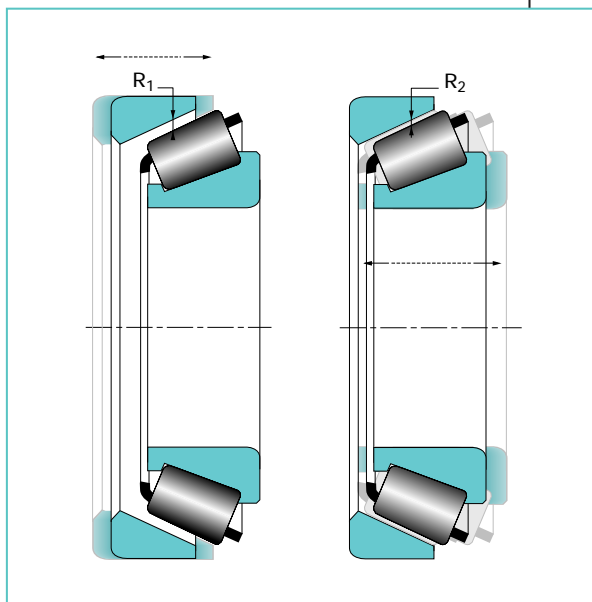



Fig. 1-16
Gioco radiale interno "R", adattato assialmente

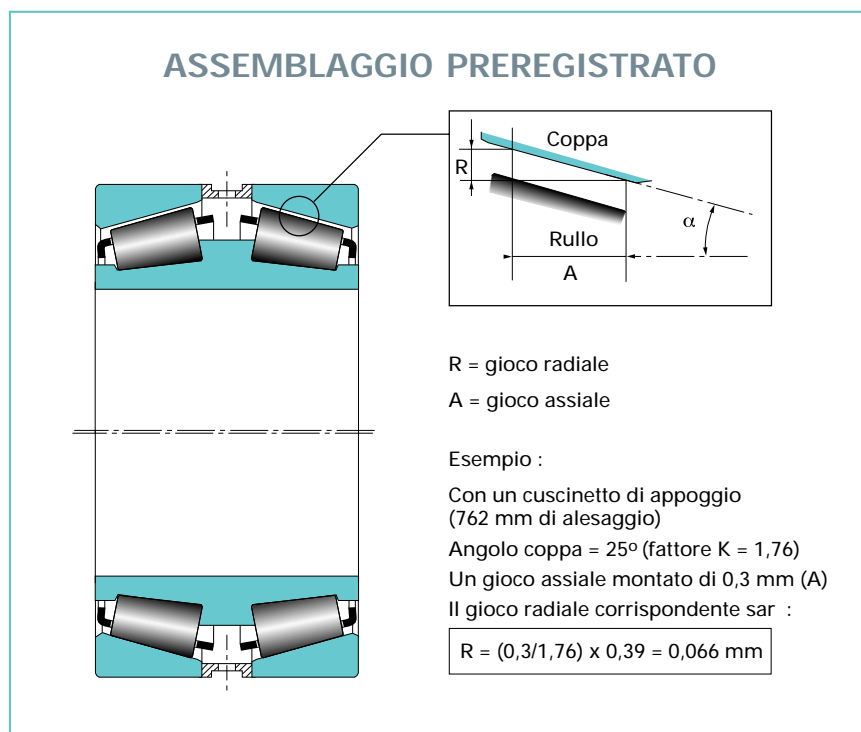



Fig. 1-17
Gioco interno del cuscinetto

In funzione delle esigenze dell'applicazione, i cuscinetti a rulli conici possono essere forniti preregistrati. Se l'applicazione è tale per cui è richiesta una registrazione molto precisa, la registrazione dell'assemblaggio può essere agevolmente ottenuta sul posto ritoccando la dimensione dei distanziali. Se necessario, i nostri tecnici di assistenza Vi potranno essere di aiuto con la loro esperienza.

1.5.2. Vantaggi per le prestazioni dell'applicazione

La durata dei vostri cuscinetti dipende dalla zona di carico ottenuta in condizioni operative ; tanto più ampia è la zona di carico (fino ad un leggero precarico) maggiore sarà la durata dei cuscinetti (Fig. 1-18). La configurazione del cuscinetto a rulli conici Vi permette di definire la zona di carico con precisione, ottenendo come risultato prestazioni ottimali per la vostra applicazione.

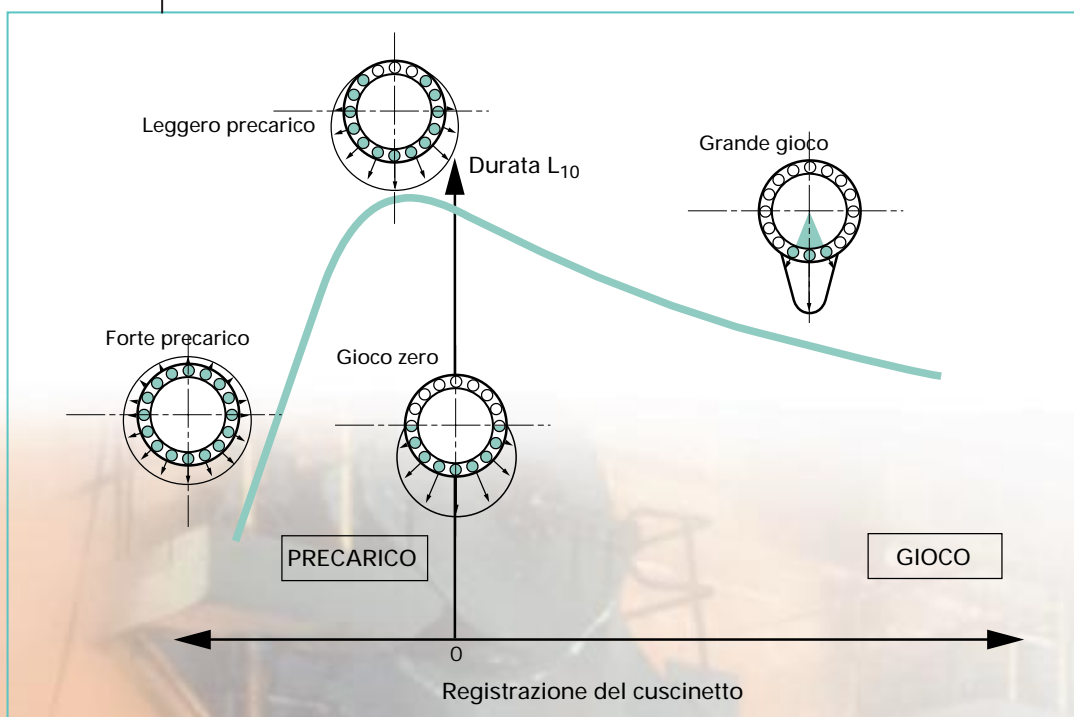



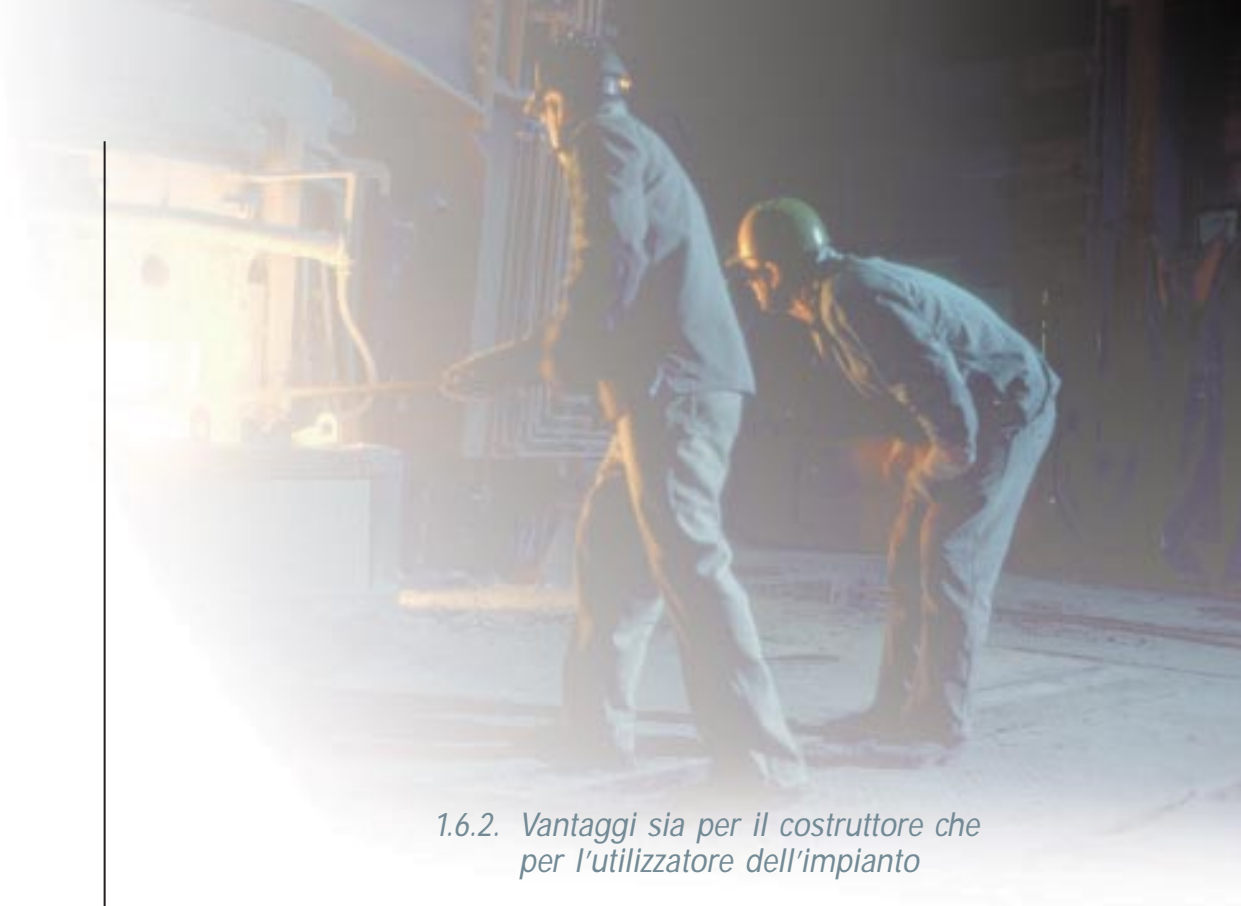
Fig. 1-18
Durata del cuscinetto in funzione della registrazione

1.6. Acciaio da cementazione

1.6.1. Cosa significa ?

I cuscinetti a rulli conici Timken (rulli, anelli interni ed esterni) sono prodotti con acciaio legato a basso tenore di carbonio. In funzione della dimensione del cuscinetto, alla colata di acciaio si aggiungono quantità appropriate di elementi leganti per assicurare le proprietà ottimali al prodotto finito. Il carbonio è introdotto nelle superfici dei componenti del cuscinetto, durante il processo di trattamento termico, fino ad una profondità sufficiente per realizzare uno spessore indurito tale da sopportare i forti carichi sul cuscinetto. Il carbonio e le leghe aggiunte durante il processo di colata assicurano la corretta combinazione di una superficie dura resistente alla fatica ed un cuore tenace e duttile (Fig. 1-19).

Queste leghe di alta qualità continuano ad essere migliorate dalla divisione acciai della Società Timken. Noi assicuriamo la conformità dei nostri acciai in tutto il mondo indipendentemente dallo stabilimento di produzione del cuscinetto.

Fig. 1-19
Lo strato cementato dei componenti del cuscinetto assicura la resistenza a fatica mentre il cuore duttile fornisce la resilienza

1.6.2. Vantaggi sia per il costruttore che per l'utilizzatore dell'impianto

Ci saranno minori probabilità di grippaggio improvviso del cuscinetto.

Una fessurazione a fatica può attraversare completamente un componente a tutta tempra mentre una fessurazione a fatica in un cuscinetto cementato si fermerà generalmente nella parte centrale duttile.

Questo cuore tenace migliorerà le prestazioni delle vostre applicazioni in condizioni di forti carichi ad urto. Infatti, le sollecitazioni di compressione residue sulla superficie ritardano il propagarsi di fessurazioni a fatica. Queste sollecitazioni residue di compressione potranno anche migliorare la resistenza a fatica sul raccordo alla base del bordino.

1.7. Assemblaggio con anelli interni ed esterni separati

1.7.1. Cosa significa ?

Come mostrato nella sezione 1.1., il cuscinetto a rulli conici è costruito con anello(i) interno ed anello(i) esterno che possono essere separati uno dall'altro (Fig. 1-20). Spesso, con parti molto pesanti, è conveniente montare i pezzi separatamente per motivi di peso o di sicurezza. Il cuscinetto a rulli conici offre anche la flessibilità di essere montato come una singola unità.

1.7.2. Vantaggi sia per il costruttore che per l'utilizzatore dell'impianto

Grazie agli anelli interni ed esterni separati, il cuscinetto a rulli conici è molto semplice da maneggiare per immagazzinamento, montaggio, smontaggio e manutenzione. In relazione alla manutenzione, i componenti possono essere facilmente ispezionati e riportati alle specifiche iniziali del costruttore. In più, se si nota un danneggiamento che va oltre una leggera scagliatura, il vostro cuscinetto potrà essere rispedito alla Società Timken per una ulteriore ispezione e revisione (ved. sezione 5-3).

Fig. 1-20

Il cuscinetto a rulli conici offre molte soluzioni che possono contribuire alla riduzione totale di costo dell'applicazione.
I costruttori di impianti di laminazione beneficeranno delle soluzioni più semplici e meno costose, mentre gli utilizzatori di laminatoi potranno realizzare riduzioni nei costi totali di conduzione e manutenzione.

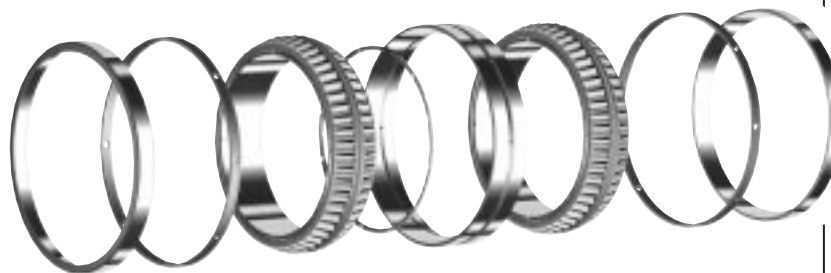
2. I tipi di cuscinetti più diffusi nell’industria siderurgica

2.1. Gabbie di laminatoi

I cilindri sono sottoposti a carichi radiali molto elevati ed a diversi livelli di carichi assiali. Per sopportare qualsiasi combinazione di questi carichi la soluzione più conveniente dal punto i vista dei costi sono i cuscinetti a due, quattro o sei file di rulli conici. Diverse classi di servizio sono state sviluppate per stabilire il tipo di carico per cui il cuscinetto è stato disegnato. Queste classi di servizio sono indicate con una lettera di prefisso nel simbolo del cuscinetto : L - leggero ; LM - medio leggero, M - medio, HM - medio pesante. Alcuni di questi cuscinetti, definiti anche “a proporzione bilanciata”, sono molto diffusi e generalmente soddisfano le esigenze del progettista ; essi possono anche essere definiti come cuscinetti tipo EE. Altre classi come H - pesante, HH - più pesante del pesante, sono state sviluppate per applicazioni particolarmente caricate.

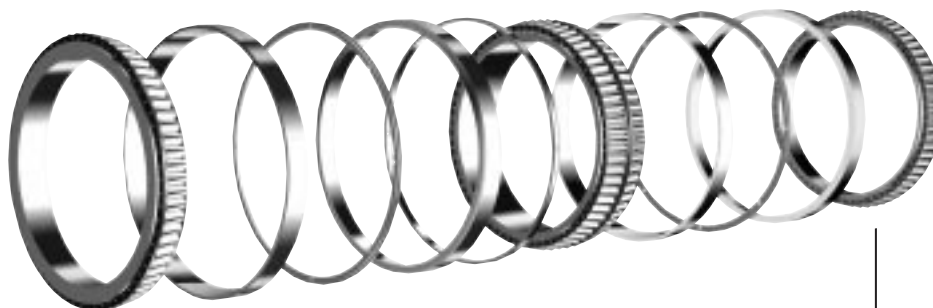
2.1.1. Cuscinetti per cilindri di appoggio

Per facilitare l’installazione e la rimozione, i cuscinetti dei cilindri sono generalmente montati liberi sui colli. Quando la velocità del laminatoio, in funzione dei carichi e delle condizioni ambientali, supera i 600 ÷ 1000 m/min, la Società Timken suggerisce che i coni siano montati forzati per evitare la lenta rotazione del cono sul collo. Questi assemblaggi montati forzati sono previsti con alesaggio conico per permettere in ogni caso un facile montaggio e smontaggio.

TQOW

Composizione : Due coni doppi, un distanziale cono, due coppe singole, due distanziali coppe, una coppa doppia.

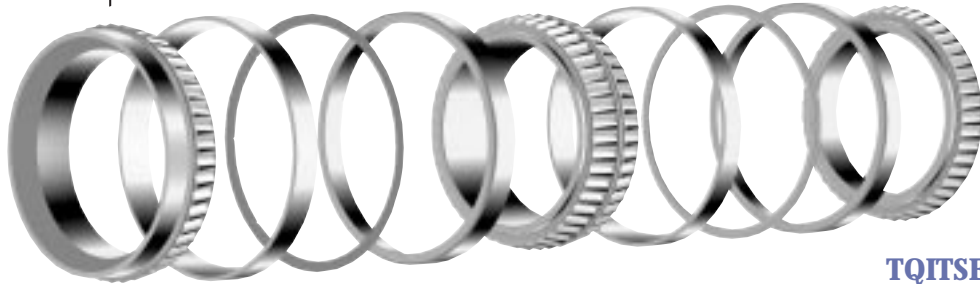
Applicazioni : Laminatoi con velocità fino a 600 ÷ 1000 m/min, in funzione dei carichi.

Note : Assemblaggi preregistrati con distanziali - possibilità di riaggiustare il gioco radiale rettificando i distanziali - montati liberi sul collo del cilindro e nella guarnitura, cave sulle facce dei coni per assicurare la lubrificazione delle superfici in contatto fra cuscinetto e spallamenti. Può essere anche fornito con gola a spirale e nella versione 2TDIW (ved. 2.1.2).

TQITS

Composizione : Un cono doppio e due coni singoli tutti con alesaggio conico in sequenza, quattro coppe singole, tre distanziali coppe, senza distanziali coni.

Applicazioni : Laminatoi ad alta velocità, dove la velocità del nastro supera i 600 ÷ 1000 m/min, in funzione dei carichi. Abbiamo utilizzato con successo questi assemblaggi a 2150 m/min con lubrificazione a nebbia d'olio (notare che la lubrificazione aria-olio dà gli stessi risultati).

Note : Montato con accoppiamento forzato sul collo del cilindro - l'alesaggio conico fornisce un accurato controllo dell'interferenza - massima stabilità del cilindro per la configurazione a montaggio indiretto - assemblaggio preregistrato.

Il TQITS esiste anche in versione TQITSE con un cono allungato dal lato cilindro. Questa estensione fornisce una superficie ideale per le tenute della guarnitura e riduce ulteriormente il potenziale rischio di danneggiamento delle tenute durante il montaggio sul collo del cilindro. L'integrazione delle tenute permette al cuscinetto di essere posizionato più vicino alla faccia del cilindro, questo a sua volta aumenta la rigidezza del collo.

TQITSE

Precisione

Per applicazioni che richiedono tolleranze molto strette del prodotto inferiori a 5 µm, possiamo fornire cuscinetti per cilindri di appoggio con errori di rotazione controllati estremamente ridotti. Esempi di prodotti lavorati in questi laminatoi sono : alluminio o acciaio per lattine...

TDIK

Composizione : Un cono doppio con sede per chiavette, due coppe singole (possono essere considerati anche con un sistema di molle nelle coppe).

Applicazioni : Usati come unità assiale in aggiunta a cuscinetti per cilindri di appoggio senza capacità di carico assiale (per esempio cuscinetti a film d'olio).

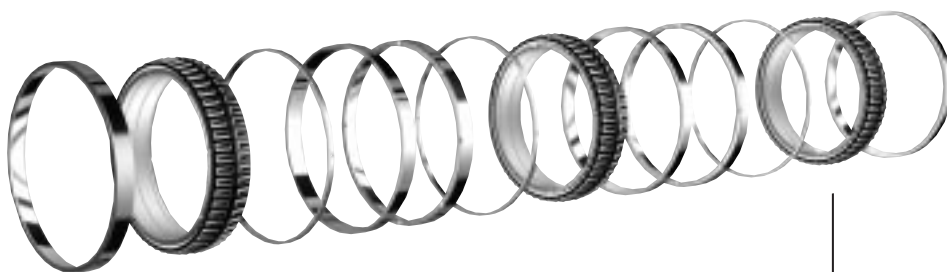
Note : Ved. sezione 2.1.3.

2TDIW

Composizione : Due coni doppi, quattro coppe singole, tre, due o nessun distanziale coppe.

Applicazioni : Le stesse del cuscinetto TQOW.

Note : Il 2TDIW è completamente intercambiabile con il TQOW (stesse dimensioni esterne, stessa capacità). In caso di carichi radiali ed assiali combinati, il 2TDIW offre una migliore distribuzione del carico nelle due coppe centrali singole rispetto alla coppa doppia presente nel TQOW - minor numero di componenti diversi in caso di manutenzione/revisione del cuscinetto - assemblaggi preregistrati.

3TDIW

Composizione : Tre coni doppi, sei coppe singole, cinque, tre o nessun distanziale coppe.

Applicazioni : Le stesse dei cuscinetti TQOW/2TDIW in presenza di carichi elevati e sezioni critiche della guarnitura.

Note : La riduzione del diametro esterno del cuscinetto è compensata da un aumento della larghezza - assemblaggi preregistrati.

TDI

Composizione : Un cono doppio, due coppe singole, un distanziale coppe.

Applicazioni : *Edgers* e cilindri di lavoro per laminatoi duo (2HI) con carichi bassi o medi. Riconversione da cuscinetti a strisciamento od orientabili a rulli.

Note : Può essere fornito come assemblaggio preregistrato - coni e coppe sono normalmente montati liberi.

TDIT

Composizione : Un cono doppio con alesaggio conico, due coppe singole, un distanziale coppe.

Applicazioni : Laminatoi per barre e tondino (dove le velocità sono superiori a 600 m/min).

Note : Assemblaggio preregistrato.

TNAT (S)

Composizione : Due coni singoli con alesaggio conico in sequenza, (simile all'assemblaggio TQITS), una coppa doppia o due coppe singole + un distanziale coppe, nessun distanziale coni.

Applicazioni : Usati nei laminatoi per barre e tondino con guarniture del tipo "pre-stressed".

Note : La posizione flottante si ottiene tra il diametro esterno delle coppe e l'alesaggio della guarnitura - assemblaggio preregistrato.

TDO

Composizione : Due coni singoli, una coppa doppia, un distanziale coni.

Applicazioni : Laminatoi a sbalzo per profili e rulli verticali per profili.

Note : Per i carichi elevati, si utilizzano cuscinetti per impiego pesante - coppa doppia montata forzata nei rulli verticali rotanti - può essere fornito come assemblaggio preregistrato.

Nei laminatoi dove i cilindri di lavoro vengono sostituiti frequentemente, il concetto di cuscinetti con tenute può risultare particolarmente utile da un punto di vista economico. In effetti, il consumo di grasso con i cuscinetti con tenute viene fortemente diminuito come pure vengono sostanzialmente ridotti i costi di esercizio e di manutenzione. Da notare che i cuscinetti con tenute per cilindri di lavoro possono anche essere utilizzati in combinazione con sistemi di lubrificazione a aria-olio o a nebbia d'olio.

Cuscinetti con tenute per cilindri di lavoro : SWRB

Composizione : Stessa composizione del 2TDIW più una tenuta sull'alesaggio (montata nell'alesaggio tra i 2 coni), una tenuta principale a ciascuna estremità, tenute statiche nell'alesaggio della guarnitura.

Applicazioni : Cilindri di lavoro con costi di grasso eccessivi o dove perdite di lubrificante potrebbero essere dannose per la qualità del prodotto (laminatoi *skin pass*).

Note : Il cuscinetto con tenute per cilindri di lavoro è fornito come unità, assemblato preregistrato, con o senza grasso - intervalli di reingrassaggio da 600 a 1000 ore sono più indicati invece che ad ogni cambio cilindro (tuttavia questi intervalli dipenderanno dalle condizioni di funzionamento e di manutenzione di ciascun impianto e dovranno essere adattate di conseguenza). Inoltre il concetto di tenuta nell'alesaggio facilita una corretta lubrificazione delle facce dei coni.

Concetto di tenuta a cassetto

Utilizzati in laminatoi con bassi carichi e velocità dove la causa principale di danneggiamento dei cuscinetti è dovuta all'entrata di contaminanti. Con questo concetto, per permettere uno spazio adeguato ad una tenuta dal disegno più sofisticato è stata ridotta la capacità di carico del cuscinetto. Questa tenuta comprende due labbri radiali con l'aggiunta di un ulteriore labbro di tipo elastoidrodinamico (Fig. 3-34 a pag. 76). Questo concetto EHD contribuisce a ritenere il grasso all'interno del cuscinetto. Lo spazio disponibile tra i due labbri viene inizialmente riempito di grasso che fornisce una protezione aggiuntiva contro la contaminazione. Tenute statiche di tipo "O-ring" sul diametro esterno delle coppe estese limita la perdita di lubrificante e l'ingresso di contaminanti attraverso l'alesaggio della guarnitura.

Concetto di tenuta compatta

Utilizzati in qualsiasi tipo di laminatoio, anche funzionante con elevati carichi di *bending* e velocità relativamente alte (fino a 2000 m/min). Questi cuscinetti dovrebbero in genere avere le stesse capacità di carico dei cuscinetti a quattro file senza tenute della stessa serie.

Il concetto di due tenute in una comprende la tenuta statica sul diametro esterno del cuscinetto e la funzione di tenuta dinamica che include il nostro concetto di labbro idrodinamico per minimizzare le perdite di grasso.

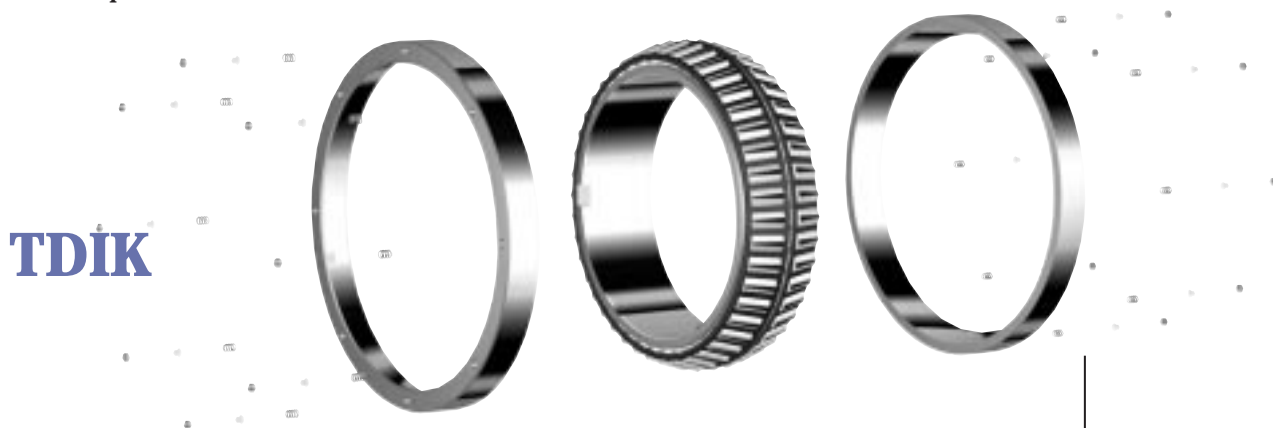
TQOWE - 2TDIWE

Le versioni TQOWE-2TDIWE sono fornite con coni allungati verso l'esterno del cuscinetto in modo da alloggiare le tenute della guarnitura.

Questa configurazione di cuscinetto permette di ottenere un sistema di tenute "guarnitura-cuscinetto" completamente integrato e fornisce una superficie di strisciamento ottimale per le tenute della guarnitura. Essa riduce inoltre il rischio di danneggiamento delle tenute. In aggiunta, tale configurazione permette di utilizzare completamente lo spazio disponibile per una capacità di carico massima del cuscinetto.

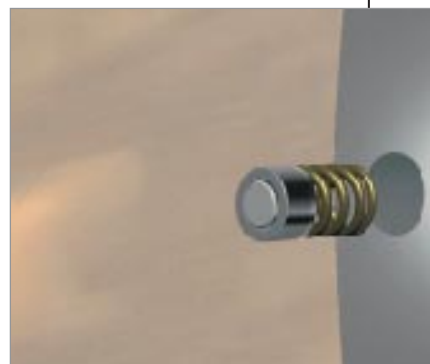
2.1.3. Posizione assiale per cilindri di lavoro

In molti casi, quando si utilizzano cuscinetti a rulli conici sui colli di cilindro, non è richiesta nessuna posizione assiale aggiuntiva. Tuttavia, per sistemi di *shifting* assiale o di incrocio dei cilindri *(roll crossing)*, i carichi assiali possono essere talmente elevati da richiedere un cuscinetto assiale aggiuntivo. Per queste applicazioni la Società Timken presenta diverse soluzioni.

TDIK

Composizione : Un cono doppio con cave per chiavetta, due coppe singole (con o senza sistema di molle).

Applicazioni : Usato come cuscinetto assiale, in aggiunta ad un cuscinetto a quattro o sei file di rulli, in laminatoi dove i carichi assiali sono elevati (per esempio con sistemi di *shifting* assiale o incrocio dei cilindri), ved. Fig. 1-9 a pag. 21.

Note : Questi cuscinetti sono disegnati a forte conicità per sopportare i carichi assiali in entrambe le direzioni (basso fattore K) - montati liberi nell'alloggiamento con 1 o 2 mm di gioco radiale per evitare qualsiasi tipo di carico radiale. Anche i coni sono montati liberi.

La Società Timken ha sviluppato una versione con un sistema di molle nelle coppe, per assicurarsi che la coppa non caricata sia sempre in contatto con i rulli, prevenendo così qualsiasi intraversamento dei rulli. In tale posizione questo è molto importante e lo è ancor più con cuscinetti a forte conicità. Qualche volta si utilizza una unità assemblata preregistrata con distanziale, ma in questo caso non è necessariamente assicurato il corretto appoggio della fila non caricata.

TTDWK

Composizione : Un anello di spinta centrale con doppia pista conica, due anelli di spinta esterni piani.

Applicazioni : Cuscinetti reggispinta a doppia azione utilizzati in applicazioni a velocità media e quando i carichi assiali sono considerevoli come per i laminatoi a profili e perforatori.

Note : Montati liberi sul collo e nell'alloggiamento - piste esterne piane - chiavetta nell'anello centrale - la pista non caricata può essere mantenuta in contatto con molle.

TTHD

Composizione : Due anelli di spinta con piste coniche.

Applicazioni : Cuscinetti reggispinta di laminatoi perforatori, posizione assiale nei laminatoi Sendzimir.

Note : Usati solo quando i carichi assiali sono unidirezionali - medie capacità di velocità quando forniti con gabbia - il disegno senza gabbia è disponibile per alti carichi e basse velocità.

2.1.4. Sistemi per viti di pressione

Sistemi di viti di pressione sono utilizzati per regolare lo spessore del prodotto laminato. I cuscinetti per tali sistemi sono fondamentalmente statici e devono essere in grado di sopportare gli elevati carichi di laminazione. Perciò, la Società Timken ha sviluppato un'ampia gamma di questi cuscinetti reggispinta per servizio pesante.

TTHDSV

e

TTHDSX

TTHDSX

Composizione : Una pista inferiore ed un pista superiore fornite con un profilo speciale (concavo o convesso) per interfacciare la fine della vite o l'adattatore tra la vite la pista superiore del cuscinetto.

Applicazioni : Cuscinetti reggispinta per viti di pressione.

Note : Configurazione senza gabbia per la massima capacità - disegno concavo per il TTHDSV e disegno convesso per il TTHDSX. Da notare che l'anello inferiore può essere fornito anche con la pista piana (TTHDFL).

Alternativa : Si può anche usare un cuscinetto TTHD standard montato su un adattatore concavo o convesso per interfacciare la fine della vite.

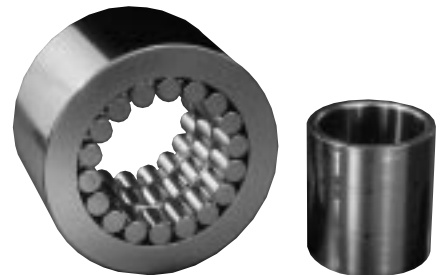
2.1.5. Laminatoi Sendzimir

TNASWH

Composizione : Due coni singoli, una coppa doppia a sezione pesante e due schermi per ritenere il lubrificante.

Applicazioni : Laminatoi Sendzimir con viscosità dell'olio di base di 460 cSt a 40 °C o superiore.

Note : Assemblaggio preregistrato - coppa con sezione pesante per essere usata direttamente sul cilindro di appoggio - montati liberi sull'albero stazionario - questi cuscinetti sono forniti in classe di precisione con una variazione massima della sezione dell'anello esterno di 5 µm per ottenere le tolleranze strette richieste sul prodotto finale - possibilità di rettificare diverse volte l'anello esterno - i valori delle sezioni del cuscinetto sono classificati entro un campo di 2,5 µm in modo da ottenere una buona ripartizione del carico tra i cuscinetti montati sullo stesso albero.

Z-SPEXX
(cuscinetto a rulli cilindrici per laminatoi Sendzimir)

Composizione : Un anello interno cilindrico singolo, un anello esterno a forte sezione e due o tre set di rulli cilindrici e dispositivi di ritegno dei rulli.

Applicazioni : Laminatoi Sendzimir con bassa viscosità dell'olio di base fino a 10/15 cSt a 40 °C.

Note : Gioco radiale controllato - acciaio da cementazione di alta qualità - geometria interna personalizzata - finitura valorizzata sulle superfici di rotolamento - forniti in classe di precisione con una variazione massima della sezione dell'anello esterno di 5 µm - possibilità di rettificare più volte l'anello esterno.

La più recente tecnologia dei cuscinetti offre ora agli utilizzatori di laminatoi Sendzimir una grande riduzione nei loro costi per tonnellata di prodotto laminato (precisione migliorata - alte velocità - possibilità di rettificare l'anello esterno più volte).

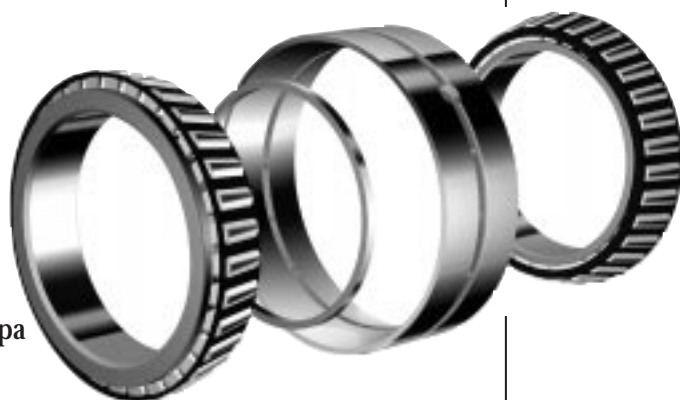
2.2. Riduttori di laminatoi, gabbie pignone, aspi avvolgitori e aspi svolgitori

In queste applicazioni la maggior parte dei carichi sono radiali ed assiali combinati. Il cuscinetto assemblato a due file di rulli conici è perciò la soluzione più indicata.

2.2.1. Montaggio indiretto a due file

TDO

Composizione : Due coni singoli, una coppa doppia ed un distanziale coni.

Note : Assemblaggio preregistrato - i coni sono montati forzati sull'albero rotante - il gioco radiale interno è adattato di conseguenza - il grande centro di spinta effettivo aumenta la stabilità dell'albero - la coppa doppia è montata libera nell'alloggiamento per entrambe le posizioni fissa e flottante - fori e gola circolare sono normalmente previsti sulla coppa doppia per motivi di lubrificazione - abitualmente si prevede anche un foro cieco ; questo permette l'utilizzo di un perno di arresto per evitare la rotazione della coppa montata libera nella posizione flottante (tale coppa è indicata con il riferimento "CD").

2.2.2. Montaggio diretto a due file

TDI

Composizione : Un cono doppio, due coppe singole, un distanziale coppe.

Note : Assemblaggi TDI sono normalmente usati nelle posizioni fisse - confrontato ad un TDO della stessa serie, il TDI ha una larghezza inferiore e può quindi essere utilizzato in spazi ridotti - generalmente fornito preregistrato - quando si utilizza in applicazioni con alloggiamento rotante, la posizione flottante si ottiene tra il cono e l'albero stazionario.

2.3. Equipaggiamento ausiliario

Per offrire ai costruttori ed utilizzatori di laminatoi una soluzione globale, la Società Timken fornisce non solo i cuscinetti per le gabbie di laminazione o gli equipaggiamenti direttamente collegati a queste ma anche i cuscinetti per tutti gli equipaggiamenti ausiliari necessari in un impianto di laminazione.

In aggiunta ai tipi di cuscinetti riportati di seguito, si può far riferimento anche al nostro “Manuale Tecnico” o per maggiori informazioni all’Ingegnere di Vendita della Timken.

2.3.1. Cuscinetti TS

Per applicazioni di carattere generale, l’abbinamento di due cuscinetti a singola fila di rulli è una buona soluzione per sopportare carichi di tipo combinato. La gamma di prodotti offerti dalla Società Timken Vi permetterà di trovare la soluzione più efficiente dal punto di vista economico per la Vostra applicazione partendo da cuscinetti con alesaggio da 10 mm fino a 1500 mm ed oltre.

Composizione : Un cono singolo e una coppa singola.

Applicazioni : Equipaggiamenti diversi come cesoie, rulli di guida, taglierine per materiale di scarto, piccoli riduttori,...

Note : Il tipo TS è il cuscinetto a rulli conici più comune che permette al progettista un’ampia scelta di montaggi - il cuscinetto TS è sempre montato in coppia, sia in montaggio diretto che indiretto (Fig. 1-3 e 1-4).

2.3.2. Assemblaggi TS a due file

Come già indicato, gli assemblaggi preregistrati TDI e TDO possono essere utilizzati in molte applicazioni.

La Società Timken fornisce anche assemblaggi TS preregistrati a due file. Questi assemblaggi esistono in configurazione a montaggio indiretto (2TS-IM) ed a montaggio diretto (2TS-DM) e possono essere forniti con la larghezza totale richiesta adattando opportunamente i distanziali. Ciò accresce ulteriormente la flessibilità di progettazione.

2.3.3. Cuscinetti con anello esterno a forte sezione

TNASWH e

TNASWHF

In equipaggiamenti ausiliari di laminatoi, per esempio sui cilindri di appoggio di spianatrici, l'assemblaggio TNASWH può essere utilizzato come rullo di supporto. Il TNASWHF è simile al tipo TNASWH, con in più una flangia prevista sulla coppa. Esso è utilizzato spesso come ruota nei carri ponte, nei dispositivi di smontaggio dei cilindri...

TNASWHF

2.3.4. Assemblaggi TDIV a due file "self-contained"

TDIV

Composizione : Un cono doppio, due coppe singole, un distanziale coppe in due metà, un fermo per il distanziale, due tenute possono essere aggiunte per ritenere il lubrificante.

Applicazioni : Colate continue con alti carichi e basse velocità...

Note : Configurazione a montaggio indiretto (simile al TDO) - senza gabbia per la massima capacità - assemblaggio preregistrato e "self-contained" - velocità medio basse.

2.3.5. Cuscinetti AP

Per semplificare il lavoro del progettista, la Società Timken offre anche un cuscinetto assemblato “pronto all’uso” basato su un TDO.

AP BEARING

AP (All Purpose)

Composizione : Due coni singoli, una coppa doppia allungata con centraggi, un distanziale coni, un anello di spallamento, due tenute radiali a labbro più anelli d’usura e coperchio con sfiato o tappo, viti e piastra di bloccaggio.

Applicazioni : Tavole a rulli, ruote di carri ponte, pulegge...

Note : Il cuscinetto AP è fornito come una cartuccia preregistrata, prelubrificata e con tenute - questo cuscinetto è disponibile in una vasta gamma di combinazioni diverse. Per maggiori informazioni si suggerisce di consultare il “Manuale Tecnico” Timken e la pubblicazione “Cuscinetti AP per applicazioni industriali”.

NOTA : la maggior parte dei nostri cuscinetti sono forniti con fori per adattarsi al vostro sistema di lubrificazione.

Pagina

3. Selezione del cuscinetto

3.1. Configurazione ed aspetti dimensionali dei cuscinetti per cilindri

Un cuscinetto per cilindri, all'inizio, non viene selezionato per la sua capacità sulla base di date condizioni di carico e velocità come avviene abitualmente per la maggior parte delle applicazioni di cuscinetti.

Invece, i parametri principali di selezione da considerare, quando si cerca un cuscinetto che soddisfi le esigenze del vostro cilindro, sono :

- tipo e servizio del laminatoio (nastro laminato a caldo, a freddo, profili, ecc...),
- dimensione del corpo cilindro (diametro massimo e minimo, larghezza),
- materiale del corpo cilindro (sollecitazioni ammesse ⇨ diametro minimo e lunghezza del collo,
- distanza delle viti di pressione (eventualmente).

Fig. 3-1 Parametri critici di selezione del cuscinetto

Le considerazioni precedenti definiranno lo spazio minimo rimasto per la guarnitura ed il cuscinetto.

Alla fine, in questo spazio è importante bilanciare la dimensione radiale del cuscinetto con la sezione minima richiesta della guarnitura.

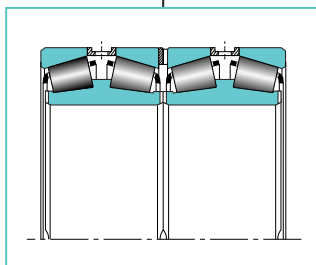



Fig. 3-2 Cuscinetto a sezione leggera tipo LM

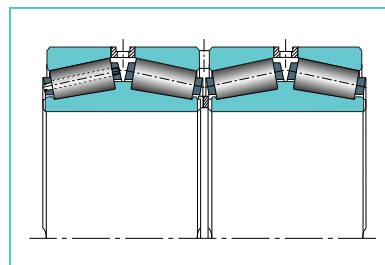



Fig. 3-3 Cuscinetto a sezione pesante tipo M o HM

Dopo aver rivisto le restrizioni delle dimensioni, si dovrà effettuare una valutazione della durata del cuscinetto in funzione del ciclo di laminazione per ciascuna delle gabbie per assicurare le prestazioni appropriate dell'applicazione. Questo processo interattivo, per ottenere il miglior bilanciamento tra tutti i componenti del laminatoio (cilindro, guarnitura, cuscinetti), può solo essere sviluppato attraverso una stretta collaborazione con il costruttore del laminatoio.

- In molti casi, il massimo carico di laminazione dichiarato non sarà eccessivo per il diametro definito del cilindro, permettendo così un aumento di carico nel caso l'operatore successivamente intenda laminare un acciaio di più alta qualità.

- Le dimensioni dei nostri cuscinetti per cilindri, con alesaggi che vanno da 50 mm a circa 1500 mm (da 2 a circa 60 pollici), sono stati definiti in modo da trovare il miglior compromesso possibile tra i due parametri in conflitto "diametro del collo e diametro della tavola" per poter offrire allo stesso tempo :

• le dimensioni esterne più piccole possibili della guarnitura per permettere così un tasso di usura soddisfacente del cilindro,

• il diametro del collo più grande possibile per sopportare i carichi di laminazione e di *bending* odierni ed inoltre essere capace di fronteggiare la possibilità di un ulteriore aumento di carico in futuro.

3.1.1. Cilindri di appoggio (laminatoi 2HI, 4HI e 6HI)

3.1.1.1. Come ottenere le massime prestazioni nello spazio disponibile

La nostra gamma di cuscinetti tipici serie pesante per cilindri di appoggio è stata disegnata per soddisfare le richieste indicate precedentemente. Questi cuscinetti normalmente permettono in media un rapporto collo-tavola del 60 % (dal 58 % al 62 %) e un tasso di usura di circa il 10 % (da 8 % a 12 %) a condizione che la dimensione "C" della sezione della guarnitura sia soddisfatta come mostrato nella seguente Fig. 3-4.

Per laminatoi caricati in modo particolarmente sostenuto, la Timken può effettuare un'analisi agli elementi finiti -FEA- per meglio valutare le sezioni minime della guarnitura (nel piano verticale come pure in quello orizzontale, anche se la sezione "C" rimane la più critica, Fig. 3-4).

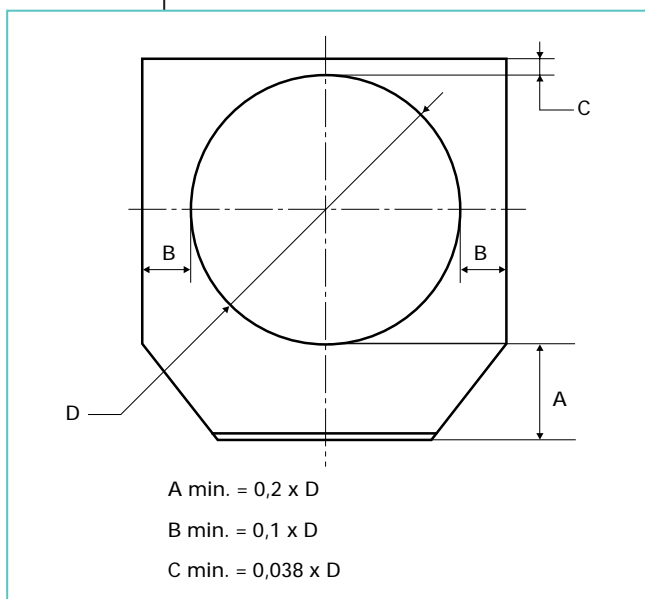



Fig. 3-4
Sezioni critiche della guarnitura di cilindri di appoggio

Per maggiori dettagli sul FEA, si può far riferimento al capitolo 3-3.

Nota : l'analisi FEA viene fatta più comunemente su guarniture molto caricate dei cilindri di lavoro.

I valori medi del rapporto collo-tavola del 60 % e del 10 % per il tasso di usura sono ottenibili per il fatto che la nostra gamma di cuscinetti pesanti per cilindri di appoggio è disegnata con una conicità relativamente bassa e sezioni sottili dei coni e delle coppe (Fig. 3-5).

Fig. 3-5

Queste sezioni sottili sono possibili grazie all'elevata qualità del nostro acciaio, ai nostri processi di trattamento termico e alla nostra lunga esperienza con l'acciaio da cementazione.

Questi cuscinetti della serie pesante possono facilmente essere riconosciuti poiché la loro larghezza è sempre leggermente superiore (dal 2 al 8 %) al loro alesaggio (Fig. 3-6).

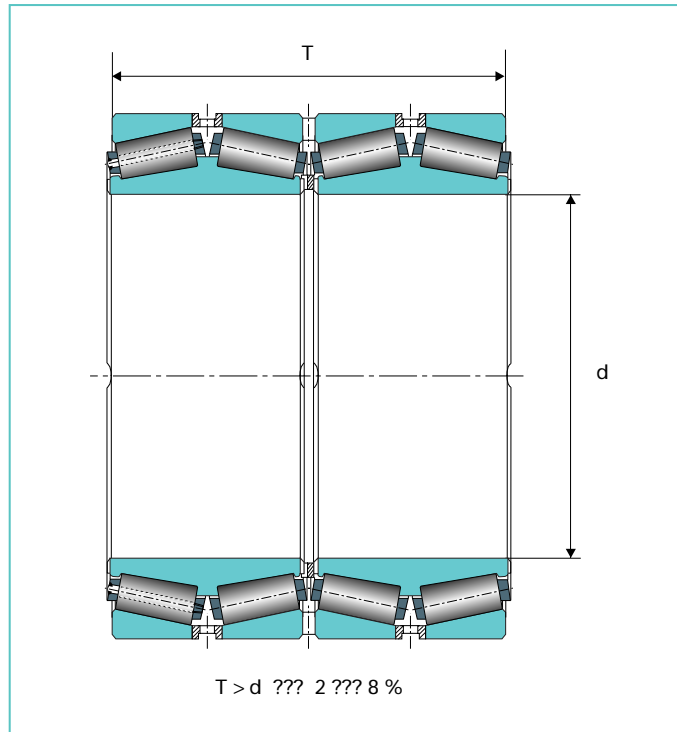



Fig. 3-6

Essi offrono una ottima capacità di carico radiale grazie alla loro bassa conicità, danno ancora una sufficiente capacità di carico assiale tale da evitare la necessità di un cuscinetto assiale separato. La riduzione nel numero di cuscinetti richiesto sul cilindro di appoggio porta anche ad un più compatto disegno della guarnitura.

Il cuscinetto a rulli conici ha una capacità di carico radiale che si avvicina a quella di un cuscinetto a rulli cilindrici avente le stesse dimensioni. Comunque, non si deve dimenticare che questa “differenza fisica” può essere facilmente compensata dalle seguenti caratteristiche :

- **Gioco radiale ridotto del cuscinetto :** i cuscinetti a rulli conici sono registrati assialmente con distanziali entro strette tolleranze ed offrono perciò un gioco radiale equivalente del cuscinetto che è circa 4,5 volte inferiore al gioco assiale (non ottenibile con altri tipi di cuscinetti). Questo porta ad una maggiore zona di carico ed a un miglior controllo della distribuzione del carico nelle quattro file di rulli del cuscinetto, per cui ne consegue una maggior durata del cuscinetto stesso,
- **L’acciaio di produzione Timken** aumenta il fattore del materiale (critico nelle formule della capacità di carico).

I cuscinetti a rulli conici sono perciò anche la miglior scelta per laminatoi ad alta velocità, poiché il gioco radiale richiesto può essere ottenuto con maggior precisione. La nostra esperienza con velocità del nastro fino a 2100 m/min, ha dimostrato buoni risultati particolarmente con sistemi di lubrificazione che richiedono l'invio di una piccola quantità di olio ai cuscinetti come il sistema a nebbia d'olio o aria-olio (ved. anche sezione 4.1.3.).

In laminatoi per filo e per barre, la tendenza per prodotti con tolleranze ridotte richiede anche cuscinetti per cilindri con gioco radiale ridotto, poiché il rullo superiore cambia zona di carico quando la barra entra nella gola del cilindro (Fig. 3-7).

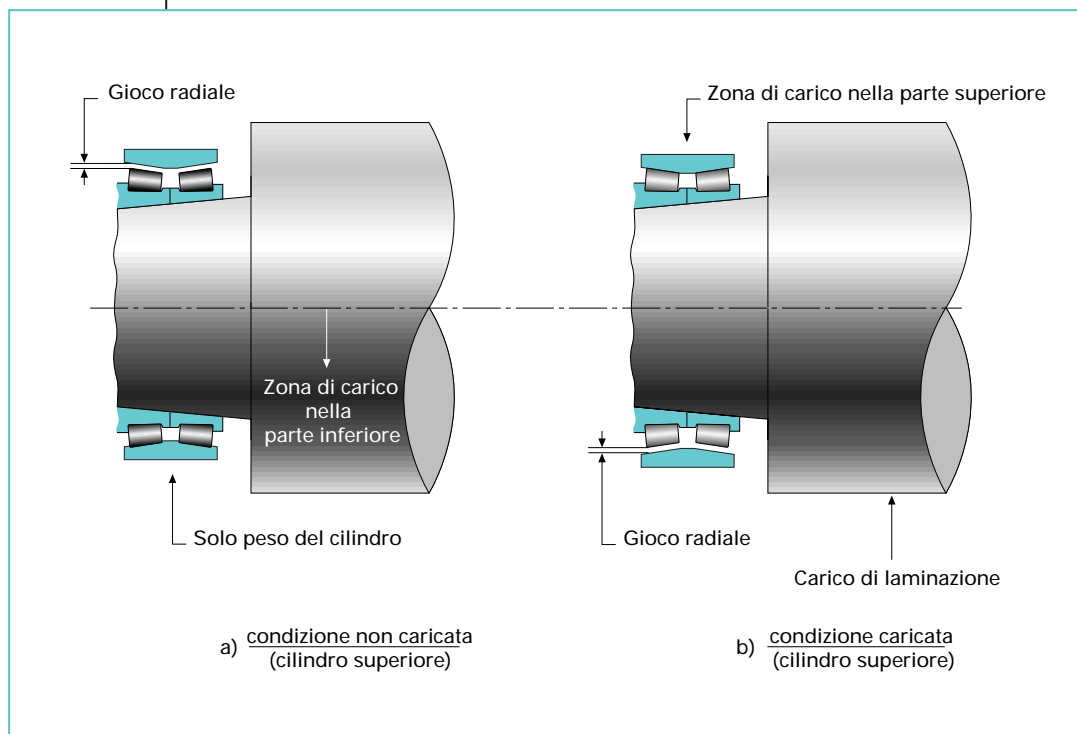



Fig. 3-7

Esempio : per un cuscinetto con un fattore K = 1,76 ed un gioco assiale montato di 0,100 mm, il gioco radiale corrispondente sarà solo ~ 0,022 mm ± 0,007.

Quanto sopra descrive la maggior parte dei laminatoi ; comunque è bene ricordare che alcuni laminatoi avranno la necessità di un cuscinetto assiale separato. Per esempio : laminatoi duo (2HI) per profili, laminatoi per tubi (laminatoi perforatori ed allungatori), ecc...

Questa capacità assiale aggiuntiva è richiesta per elevati carichi assiali e quando è necessario un dispositivo per la regolazione del passo.

3.1.1.2. Disegno del collo in applicazioni fortemente caricate

Per cilindri di appoggio estremamente caricati, che spesso funzionano a basse velocità, le dimensioni dei cuscinetti per servizio pesante convenzionali (rappresentate dal cuscinetto A) non sono più adatte. In questi casi, è richiesto un diametro del collo più grande per fronteggiare le maggiori sollecitazioni di flessione (Fig. 3-8), in funzione anche del materiale del cilindro.

d alesaggio del cuscinetto pesante d_1 alesaggio del cuscinetto leggero	$\frac{d}{D} \simeq 60\ \%$	$\frac{d_1}{D} \simeq 68\ \%$

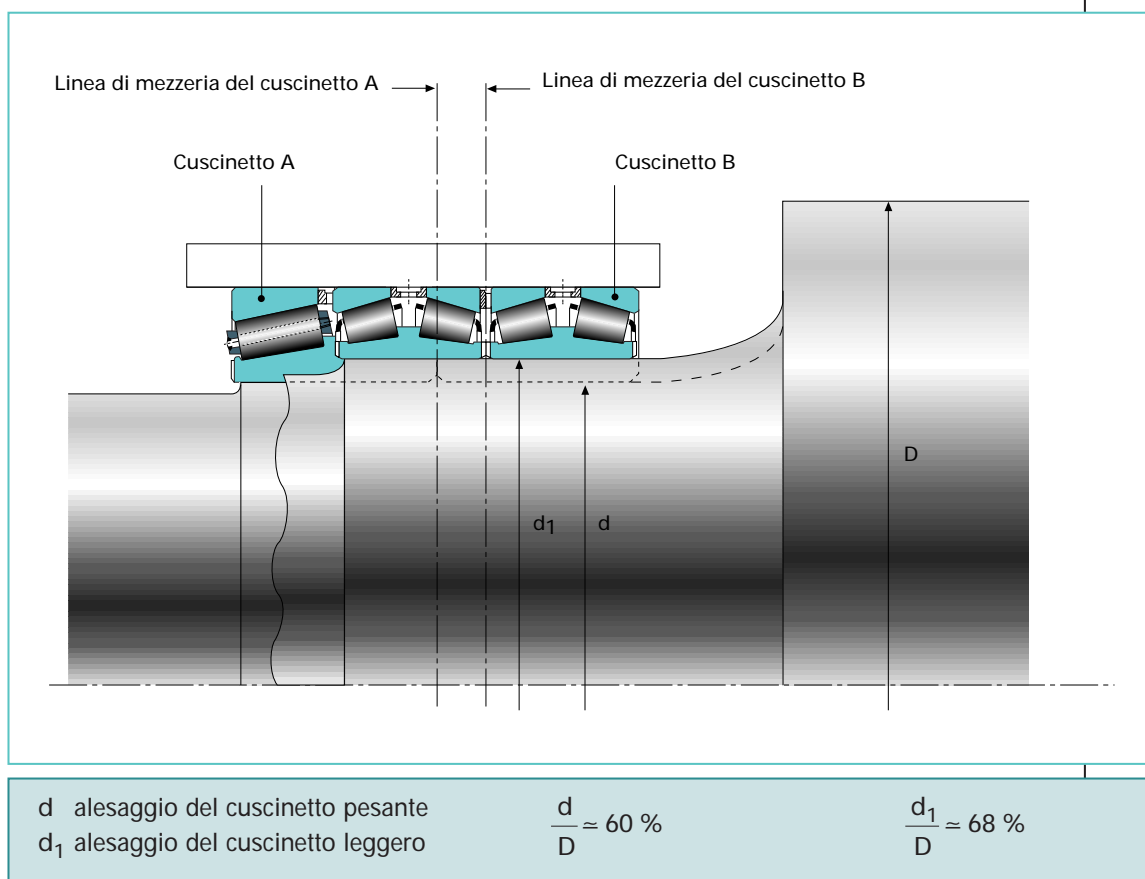



Fig. 3-8

I cuscinetti a sezione leggera (rappresentati dal cuscinetto B) sono perciò proposti generalmente con lo stesso diametro esterno dei cuscinetti della serie pesante, in modo da garantire un tasso di usura del cilindro ben definito. Questi cuscinetti più leggeri offrono un rapporto collo-tavola aumentato (d/D ≃ 68 %) ed una più piccola distanza tra l'asse della vite di pressione e la faccia della tavola (sbalzo ridotto).

La diminuzione della capacità del cuscinetto può essere compensata dall'aggiunta di uno od entrambi i seguenti attributi del prodotto :

- acciaio rifuso sotto vuoto od altri tipi di acciai pregiati (CEVM, ESR,...), che possono aumentare la durata a fatica del cuscinetto da 3 a 4 volte rispetto agli acciai standard (Fig. 3-9),

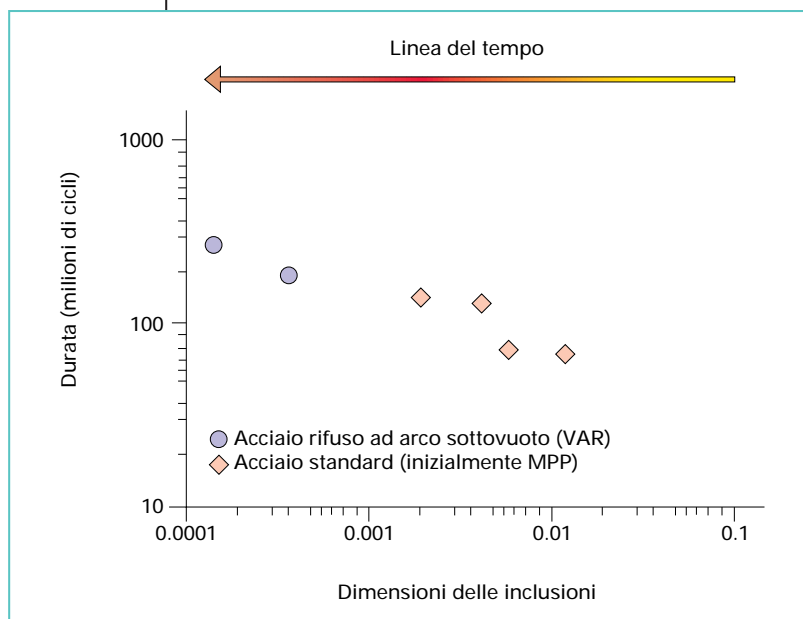



Fig. 3-9

- migliorata geometria interna del cuscinetto che potrà ridurre le sollecitazioni di contatto nella zona terminale del contatto rulli-piste e perciò evitare scagliature premature (Fig. 3-10).

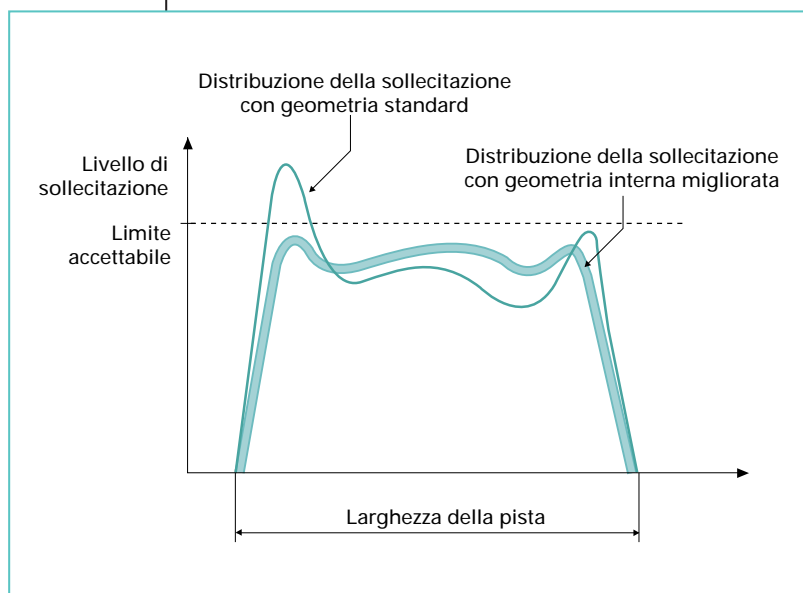



Fig. 3-10
Distribuzione della sollecitazione lungo la pista

Queste ed altre caratteristiche per migliorare la durata possono essere incorporate nel vostro cuscinetto Timken contattando l'ingegnere della Timken della vostra zona.

RAGGIO DI RACCORDO A PROFILO COMPOSTO

L'utilizzo di un raccordo del collo cilindro con un singolo raggio convenzionale ha i suoi limiti poiché non è in grado di offrire il miglior disegno del raccordo sia dal punto di vista della sollecitazione che dell'ingombro.

Raccordi ellittici offrono le migliori caratteristiche, ma sono difficili da realizzare. Raccordi composti a doppio raggio rappresentano una soluzione pratica dal punto di vista della rettifica del cilindro ed offrono un disegno che è abbastanza simile al profilo di un vero raccordo ellittico.

La Fig. 3-11 mostra lo sviluppo di questo raggio di raccordo composto partendo da due dimensioni predeterminate di altezza e lunghezza del raccordo : "r_a" ed "r_b" rispettivamente.

Fig. 3-11
Raggio di raccordo a profilo composto

Le formule usate per calcolare il raggio maggiore e minore negli esempi pratici sono riportate di seguito.

$$r_d = \left(\frac{4r_b - r_a}{3}\right) \qquad r_c = r_a + \frac{(r_a - r_b)^2}{2\,(r_b - r_d)}$$

dove :

r_a = lunghezza del raccordo
(r_a è meno di 2,5 volte r_b per motivi pratici)

r_b = altezza del raccordo

r_c = raggio maggiore

r_d = raggio minore

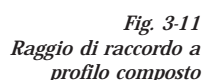
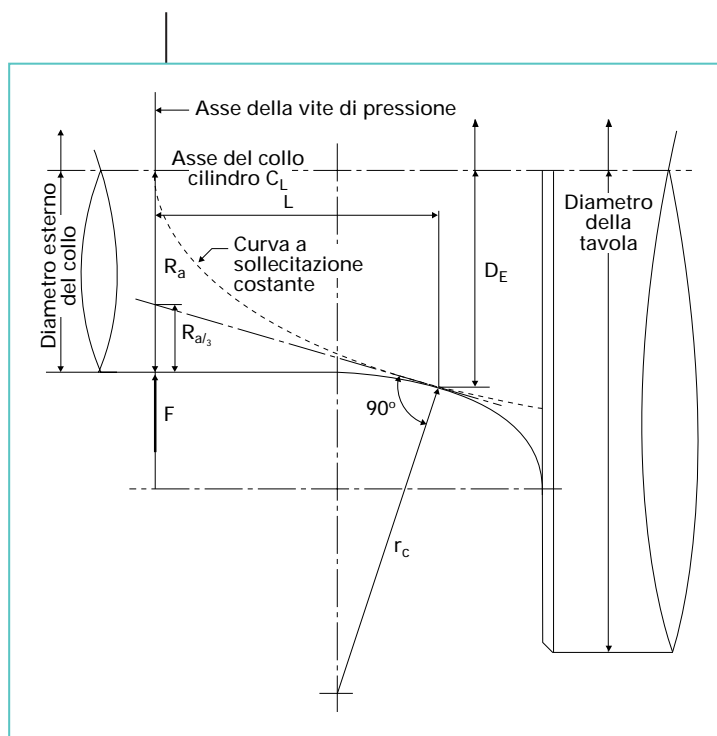



Fig. 3-12
Curva a sollecitazione costante

La Fig. 3-12 mostra il diametro di riferimento, D_E, e la lunghezza di riferimento, L, utilizzati per il calcolo della sollecitazione di flessione. Sulla stessa figura è tracciata una curva a sollecitazione costante che è tangente al raggio maggiore del raccordo. Il diametro equivalente del collo e la sua lunghezza di lavoro effettiva possono esserevdeterminati in modo più conveniente con una soluzione grafica.

Tra gli altri disegni di raccordo normalmente utilizzati, la Fig. 3-13 mostra una configurazione dove la dimensione del collo è relativamente piccola (rapporto collo-tavola dal 40 al 50 %) in modo da ottenere un alto tasso di usura del cilindro. In questo caso, il diametro del collo nell'area del raccordo deve essere aumentato in modo da mantenere il valore di sollecitazione a flessione entro un valore accettabile.

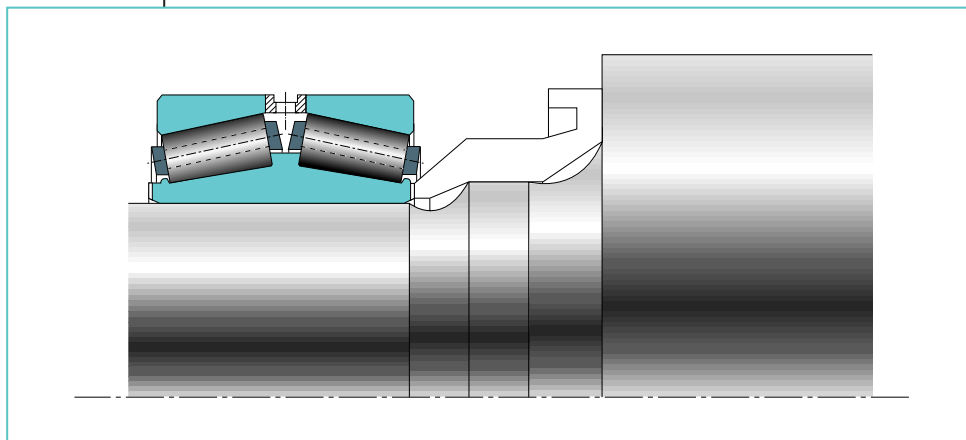



Fig. 3-13

Abitualmente si considerano due tipi di montaggio dei cuscinetti sui colli del cilindro in funzione della velocità e del carico del laminatoio. Assemblaggi TQOW/2TDIW/TDIW, dove i coni sono montati liberi, sono indicati per velocità fino da 600 a 1000 m/min in funzione del carico. Diversamente, si richiedono assemblaggi TQITS/TDIT, TNAT con i coni montati forzati. In più, con i coni montati forzati, indipendentemente dalla velocità, si può ottenere una maggiore precisione del prodotto.

3.1.1.3. Coni montati liberi

CONFIGURAZIONE A MONTAGGIO DIRETTO

Il tipo di cuscinetto più comune per i cilindri è disegnato attorno al concetto di montaggio diretto (DM), sia nella configurazione a due file (TDI) che a quattro file di rulli (TQOW/2TDIW) (Fig. 3-14).

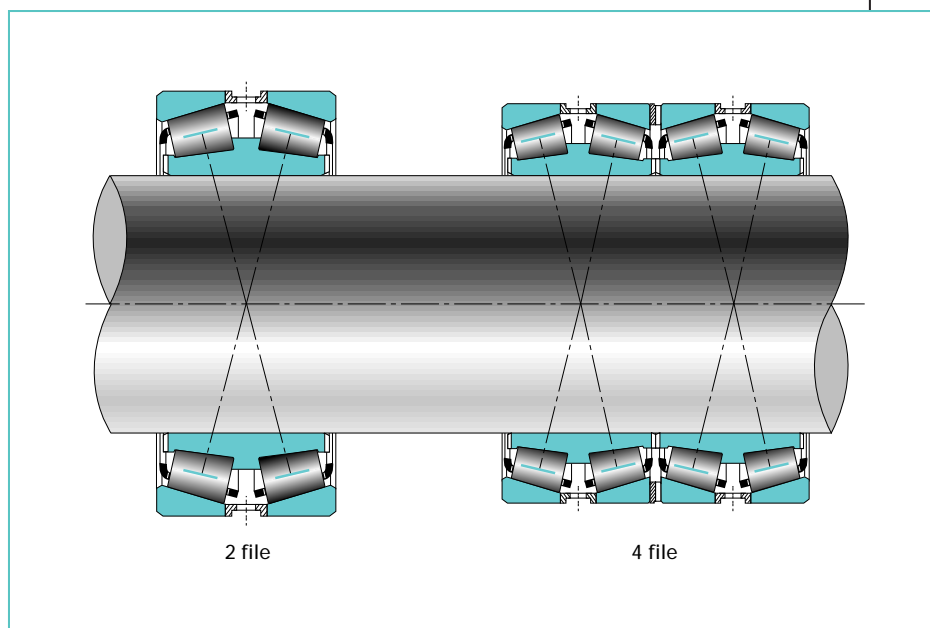



Fig. 3-14
Montaggio diretto

I coni sono montati liberi con valori che vanno da un minimo di 0,050 mm ad un massimo di 0,600 mm in funzione della dimensione dell'alesaggio. Per le tolleranze di accoppiamento suggerite vedere il capitolo 6.

Il beneficio principale dell'accoppiamento libero sta nel montaggio e smontaggio rapido della guarnitura completa come insieme dal collo del cilindro durante il cambio del cilindro.

Poiché fra il diametro interno del cono ed il cilindro si può verificare un leggero strisciamento, questo gioco addizionale permetterà la presenza di lubrificante utile a prevenire fenomeni di grippaggio.

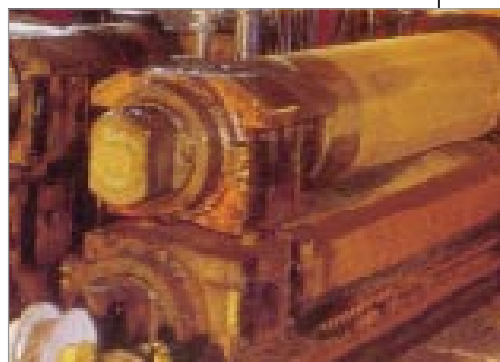



Fig. 3-15
Cilindri di lavoro con cuscinetti montati liberi

La configurazione del cuscinetto a “montaggio diretto”, mostrata in Fig. 3-16, richiede che le coppe siano bloccate assialmente per sopportare il carico assiale indotto all’interno del cuscinetto dal carico radiale F_R e per mantenere la registrazione stabilita tramite il distanziale delle coppe.

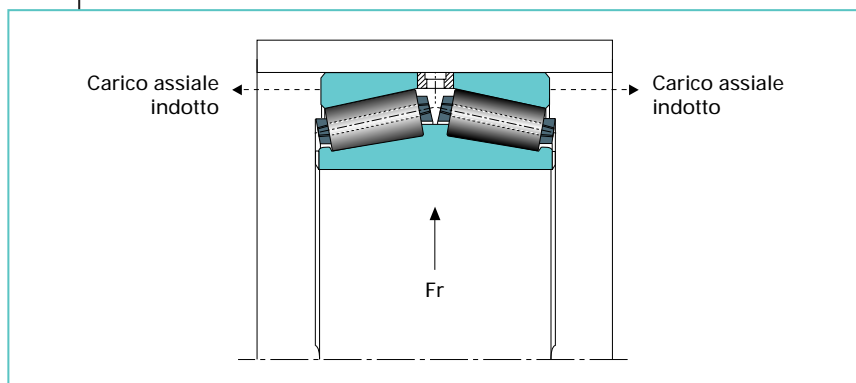



Fig. 3-16

Questa configurazione a “Montaggio diretto” non richiede il bloccaggio dei coni, poiché è necessario permettere ai coni di strisciare liberamente sul collo. Si suggerisce un piccolo gioco assiale da circa 0,5 a 1,0 mm tra la faccia del cono ed il dispositivo di bloccaggio del cono.

Questa libertà assiale dei coni permette che la dilatazione termica del cilindro venga assorbita tra il cuscinetto e lo spallamento del collo. Naturalmente, si suggerisce un minimo di lubrificazione dei colli e dell’alesaggio dei coni.

LIMITI DI VELOCITÀ

Assemblaggi TDI e TQOW con accoppiamenti liberi sono stati selezionati ed applicati, per molte decine di anni, sui colli dei cilindri di tutti i laminatoi funzionanti a basse e medie velocità con risultati molto soddisfacenti. La maggior parte di questi laminatoi, in funzione dei carichi applicati e delle condizioni ambientali, stanno funzionando a velocità che raggiungono gli 800 m/min. Abbiamo anche avuto esperienze con laminatoi funzionanti a velocità di 1000 m/min.

Grippaggi ed usura rimangono generalmente nei limiti accettabili durante la vita dei cilindri, a loro volta governati dai tassi di usura del cilindro. L’usura del collo ed altri tipi di danneggiamento superficiale dipendono anche dalla durezza superficiale del collo cilindro (valore suggerito : 33 HRC) e dall’efficienza della lubrificazione adottata tra il collo e l’alesaggio del cuscinetto.

LUBRIFICAZIONE DEI COLLI DEI CILINDRI

I cilindri di appoggio dei laminatoi a caldo spesso rimangono nel laminatoio per lunghi periodi di tempo (diversi mesi nelle gabbie sbozzatrici), perciò, spesso si prevedono dei fori per permettere una più agevole lubrificazione dei colli (Fig. 3-17).

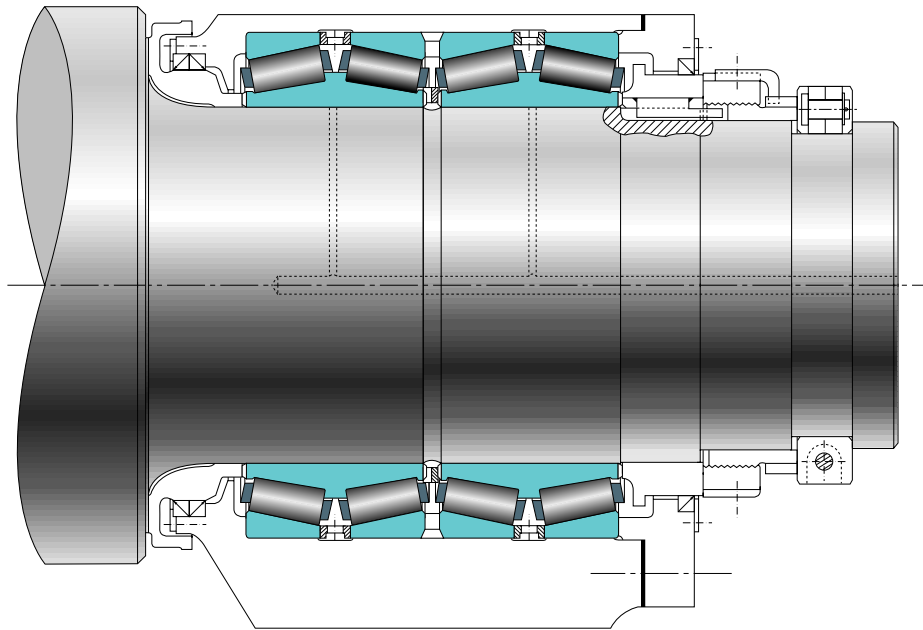



Fig. 3-17
Rilubrificazione del collo attraverso i fori eseguiti sullo stesso

La frequenza e la quantità del lubrificante dipenderà dall'efficienza delle tenute del sistema.

Una gamma di nuovi lubrificanti (grassi, paste, spray, ecc...) ha ulteriormente migliorato la resistenza all'usura dei colli.

Con sistemi a nebbia d'olio od aria-olio, il lubrificante può essere introdotto sul collo durante il funzionamento attraverso intagli sulle facce e fori nei bordini degli anelli interni. Questo sarà di aiuto alla lubrificazione iniziale eseguita al montaggio.

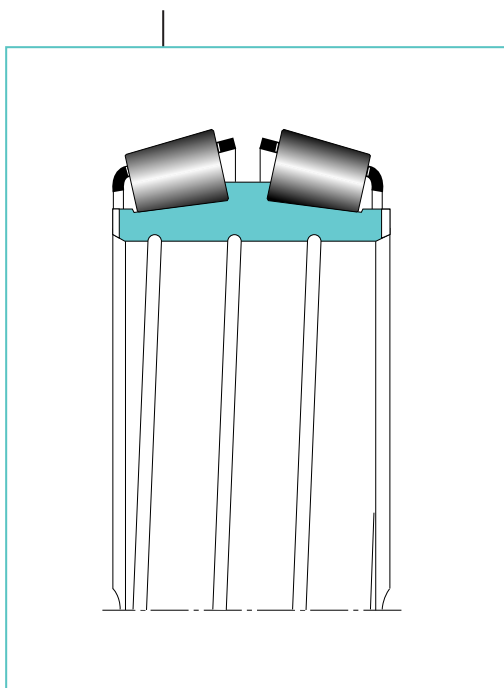



Fig. 3-18
Gole a spirale nell'alesaggio dei coni

Gole a spirale ricavate nell'alesaggio dei coni possono aiutare a mantenere il lubrificante tra il collo e l'anello interno (Fig. 3-18).

Le configurazioni delle tenute che prevedono un bordino esteso del cono permettono l'aggiunta di una entrata separata del lubrificante tra il distanziale lato tavola e la faccia del cono come mostrato in Fig. 3-19. Questo disegno può essere utilizzato al posto dei fori eseguiti nel collo.

Nei laminatoi per nastri a freddo, dove le condizioni ambientali sono meno severe che nei laminatoi a caldo, i colli dei cilindri di appoggio sperimentano un attrito molto limitato anche ad alte velocità (per esempio i laminatoi *temper* con velocità del prodotto fino a 1000 m/min).

Laminatoi per alluminio, che hanno lavorato per anni, hanno evidenziato una usura insignificante del collo. Ne risulta la possibilità da parte dell'operatore di rettificare la tavola del cilindro senza bisogno di rettificare il collo che spesso supporta il cilindro durante l'operazione di rettifica.

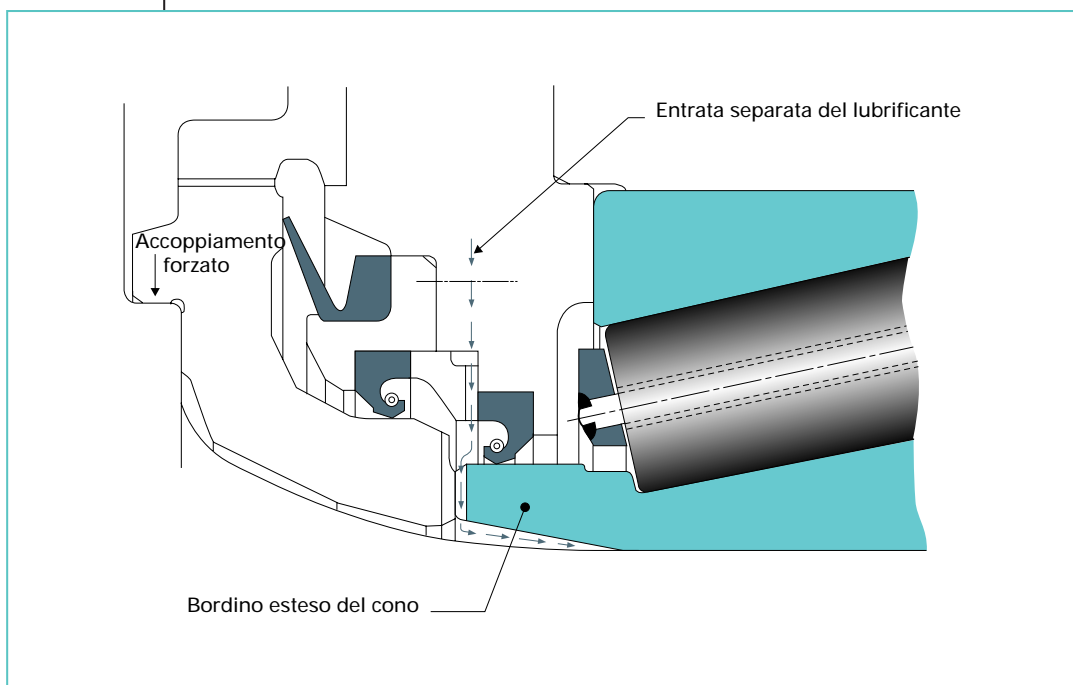



Fig. 3-19
Lubrificazione del collo e dello spallamento attraverso intagli sulla faccia del cono

3.1.1.4. Coni montati forzati

Anelli interni montati liberi sui colli dei cilindri non sono più proponibili per velocità di rotazione superiori a 1000 m/min combinate con elevati carichi di laminazione. Per esempio, nei laminatoi di riduzione a freddo.

Perciò, la soluzione è di utilizzare un cuscinetto ad alesaggio conico, a due o quattro file di rulli, che può essere facilmente montato forzato e smontato dai colli dei cilindri.

Il cuscinetto tipo TQITS (o il suo equivalente a due file TNATS) con l'alesaggio conico è senza dubbio la soluzione più indicata. Cuscinetti speciali di questo tipo (Fig. 3-20a) hanno funzionato a velocità di laminazione di circa 2150 m/min.

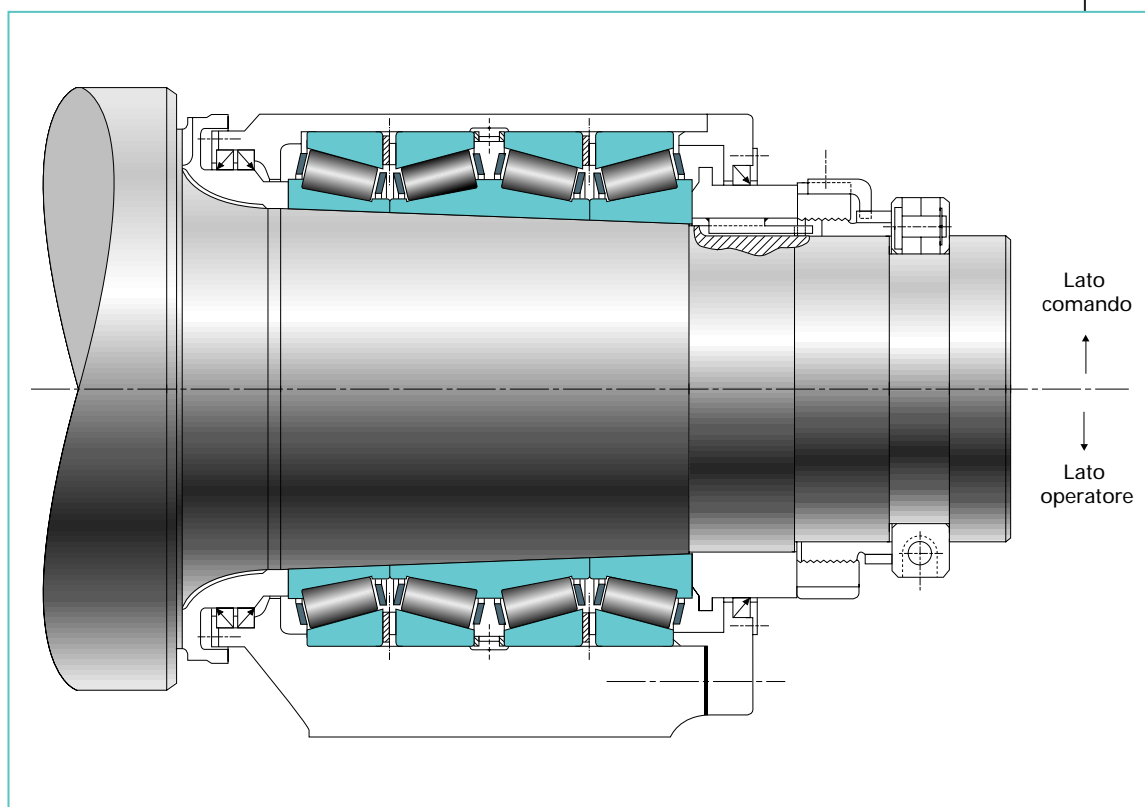



Fig. 3-20a

Questo assemblaggio, quando montato nella sua guarnitura, è generalmente forzato sul collo conico con un martinetto idraulico o una chiave idraulica (Fig. 3-20b). Esso può essere rimosso semplicemente iniettando dell'olio sotto il cono attraverso dei fori e delle gole circolari ricavate nel collo del cilindro.

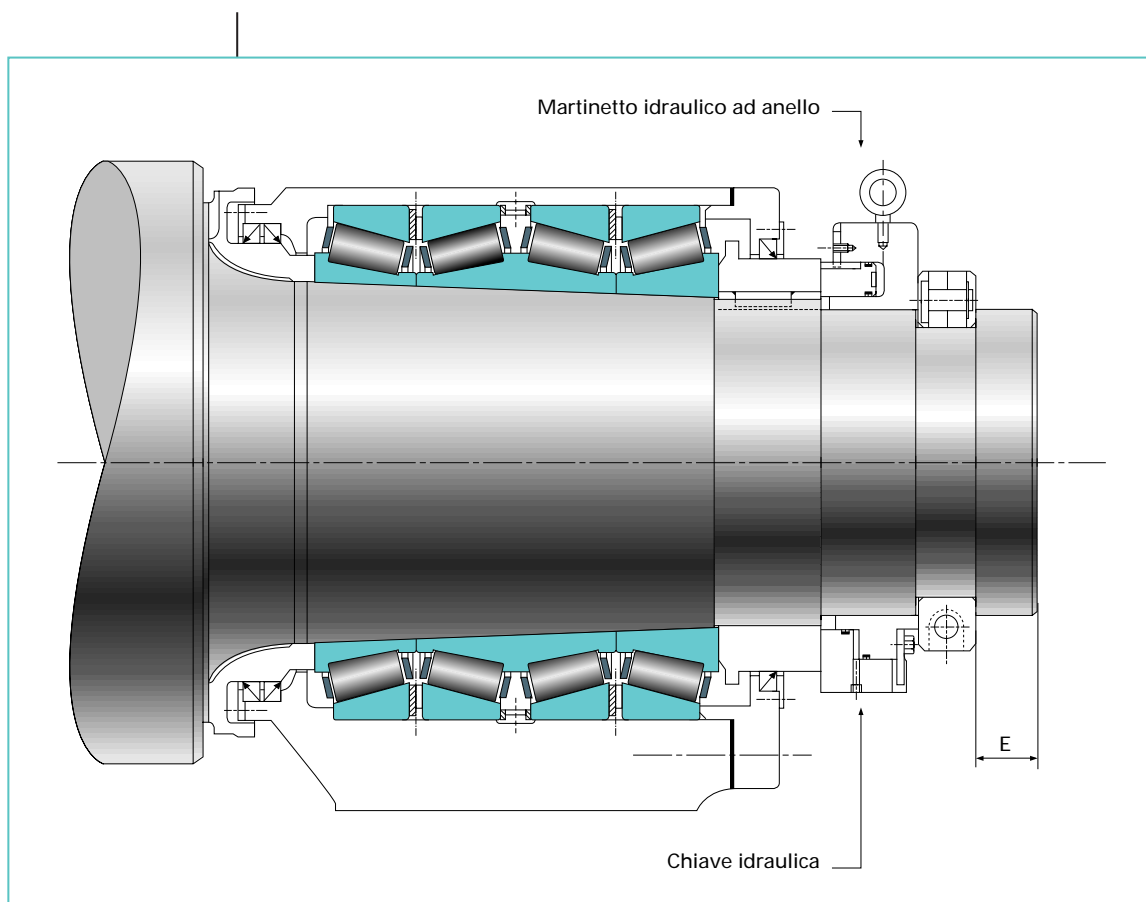
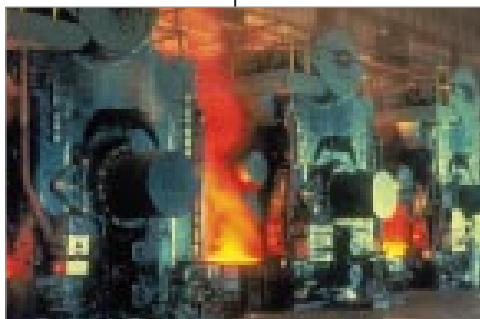



Fig. 3-20b
Un montaggio TQITS con un martinetto idraulico o una chiave idraulica

La pressione richiesta per posizionare questi cuscinetti può raggiungere i 400 bar ed è determinata dalla dimensione del pistone del martinetto, normalmente specificata in funzione del cuscinetto selezionato.

Questa stessa pressione è anche sufficiente a rimuovere, individualmente, ciascuno dei 3 coni che costituiscono il cuscinetto (la pressione più elevata è richiesta dal cono doppio centrale).

La conicità di 1/12 scelta per l'alesaggio dei coni e per il collo del cilindro garantisce un adeguato incastro e permette allo stesso tempo una facile rimozione. Noi consigliamo di utilizzare una forte interferenza che permetta l'ottenimento della pressione di contatto richiesta tra collo e alesaggio del cono interno (il cono di riferimento sarà il cono interno con la sezione più piccola).

Si può anche utilizzare un livello decrescente di interferenza per ciascuno dei 3 coni così che non si superi il livello di pressione di contatto definita sul cono interno. Si potrà quindi ridurre la forza di spinta e le dimensioni del martinetto idraulico richiesto. Tale riduzione permette anche un disegno con ridotta estensione del collo e dell'anello a collare mantenendo contemporaneamente le sollecitazioni entro limiti accettabili quando si applica la forza di spinta ("E" nella Fig. 3-20b).

CONFIGURAZIONE A MONTAGGIO INDIRETTO

Si seleziona la configurazione a montaggio indiretto “IM” (Fig. 3-21), versione a due file (tipo TNAT) o a quattro file (tipo TQIT) poiché si preferiscono i coni montati forzati.

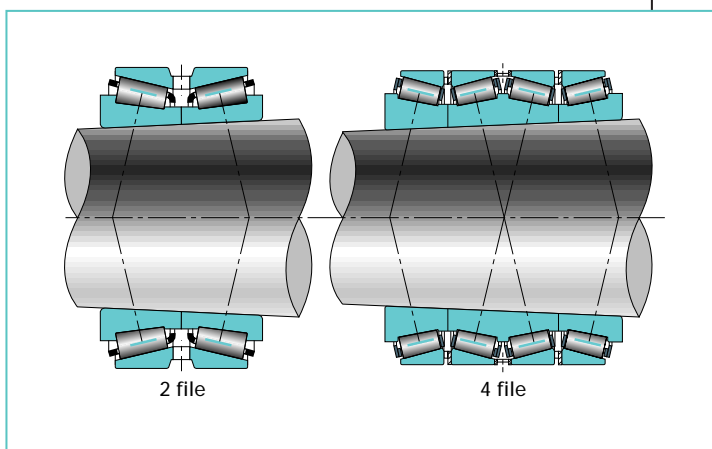



Fig. 3-21
Montaggio indiretto

Con questa configurazione a montaggio indiretto il gioco finale si ottiene dopo il montaggio. In questo caso i coni sono bloccati assialmente in modo da supportare il carico assiale indotto nel cuscinetto. Non è quindi necessario bloccare le coppe, eccetto per il posizionamento assiale del cilindro (Fig. 3-22).

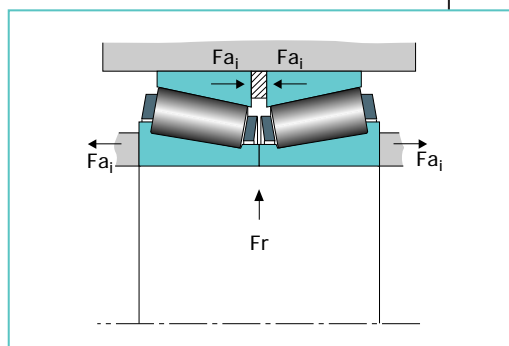



Fig. 3-22
Carichi assiali indotti Fa_i

Alcuni dei vantaggi offerti dal cuscinetto tipo TQIT sono i seguenti :

- maggiore rigidezza del collo cilindro dovuta alla maggiore distanza dei centri di spinta effettivi ; ne consegue una stabilità aggiuntiva che mantiene un migliore contatto tra i rulli e le piste con conseguente migliore distribuzione del carico nelle file di rulli,
- le coppe possono essere montate non bloccate in una delle due guarniture potendo quindi muoversi nell’alloggiamento “lubrificato” della guarnitura. Ne consegue un minor carico dovuto al momento di ribaltamento generato dalla guarnitura quando questa si muove assialmente nella spalla del laminatoio per la dilatazione del cilindro,
- il concetto della configurazione con alesaggio conico del cuscinetto, come i rulli conici nel cuscinetto stesso (buona distribuzione del carico, controllo della zona di

carico, ecc...), permette di ottenere l'interferenza di accoppiamento nominale richiesta in un ristretto campo di tolleranza (per esempio solo il 3 % dell'accoppiamento richiesto per grandi cuscinetti) (Fig. 3-23). Questo significa che il gioco interno del cuscinetto montato è ottenuto con lo stesso ristretto campo di tolleranza dell'interferenza di accoppiamento che controlla l'espansione degli anelli interni,

Questo gioco interno molto preciso è anche essenziale per laminatoi ad alta velocità, con sistemi di lubrificazione che forniscono solo piccole quantità di olio al cuscinetto come i sistemi a nebbia d'olio od aria-olio. Questo, in realtà, aiuterà a controllare meglio la temperatura di funzionamento.

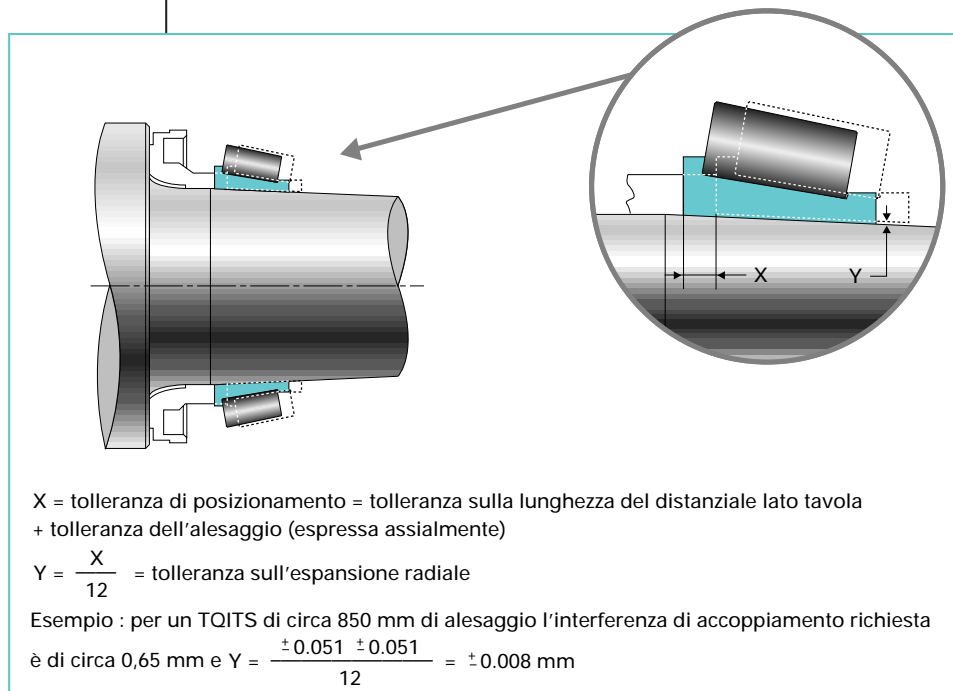



Fig. 3-23
Stretto controllo dell'interferenza di accoppiamento

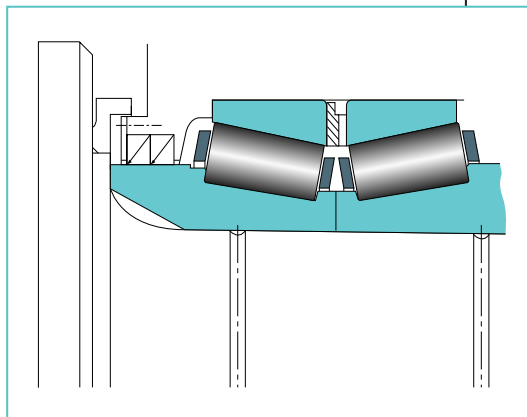
- in applicazioni particolarmente caricate, si può verificare una crescita dell'alesaggio del cono interno dopo diversi anni di servizio. La corrispondente perdita di interferenza potrà facilmente essere recuperata ricondizionando il vostro cuscinetto (rettifica delle facce dell'anello interno). Da notare che la stessa perdita di interferenza non potrà essere recuperata con cuscinetti ad alesaggio cilindrico,

- possibilità di riaggiustare o cambiare la registrazione iniziale, se richiesto, in seguito ad un ulteriore aumento della velocità iniziale massima del laminatoio, semplicemente riaggiustando le dimensioni dei distanziali. È anche possibile ottimizzare la distribuzione del carico dimensionando in modo diverso i distanziali delle coppe.

Il TQITS può anche essere fornito nella versione con anello interno esteso (TQITSE) che fornisce la possibilità di incorporare un sistema di tenute tra il cuscinetto e la guarnitura (Fig. 3-24).

Fig. 3-24
TQITSE

Alcuni dei vantaggi del tipo TQITSE sono :

- nessun rischio di danneggiamento del labbro delle tenute durante l'assemblaggio,
- i labbri delle tenute possono essere disposti verso l'esterno in modo da prevenire l'entrata del liquido di raffreddamento,
- ad ogni cambio del cilindro, le tenute rimangono sulla stessa superficie rettificata, concentrica ed indurita del cuscinetto.

ERRORE DI ROTAZIONE DEL CUSCINETTO
(Grado di precisione dei cuscinetti per cilindri)

Per laminatoi a nastro ad alta velocità (come pure per altri tipi) che laminano generalmente spessori sottili per lattine ecc..., la richiesta di cuscinetti per cilindri di appoggio con elevata precisione di rotazione è diventata ovviamente una scelta obbligata. La tendenza odierna nel settore è di ottenere spessori del nastro con tolleranze inferiori a 0,005 mm (cioè ± 0,0025 mm).

Attualmente noi forniamo cuscinetti in precisione per cilindri di appoggio con errori di rotazione che permettono di soddisfare e anche di superare le necessità del mercato indicate precedentemente.

I nostri metodi ci permettono di produrre e controllare la variazione dello spessore delle pareti delle piste degli anelli interni ed esterni entro pochi micron, come pure di controllare la variazione del diametro dei rulli all'interno di ogni fila.

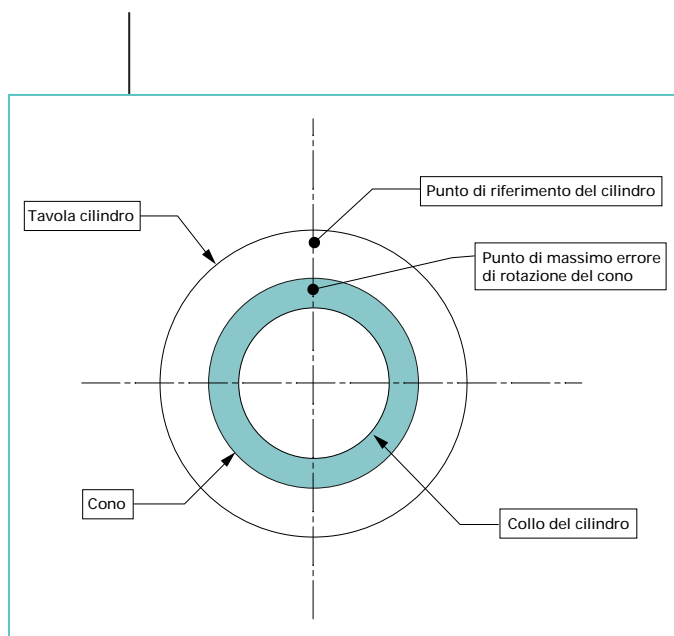



Fig. 3-25
Per ottenere il minor errore di rotazione totale

Inoltre, identifichiamo il punto di errore massimo di ciascun anello interno marcandolo con un punto in rame. Questo Vi permetterà di raggiungere una precisione ancora maggiore all'interno del sistema "cuscinetto/cilindro" accoppiando i punti di errore massimo del corpo cilindro e dell'anello interno del cuscinetto quando le guarniture vengono montate sui colli del cilindro (Fig. 3-25).

Per gabbie di laminazione per filo e barre ad alta velocità e spesso del tipo "pre-stressed", cuscinetti TQITS(E) o TNAT(E) con coppe flottanti (Fig. 3-26) sono la scelta ideale per il loro ottimale controllo del gioco radiale e anche in funzione della domanda attuale per raggiungere sempre più ridotte tolleranze del prodotto su questi tipi di laminatoi.

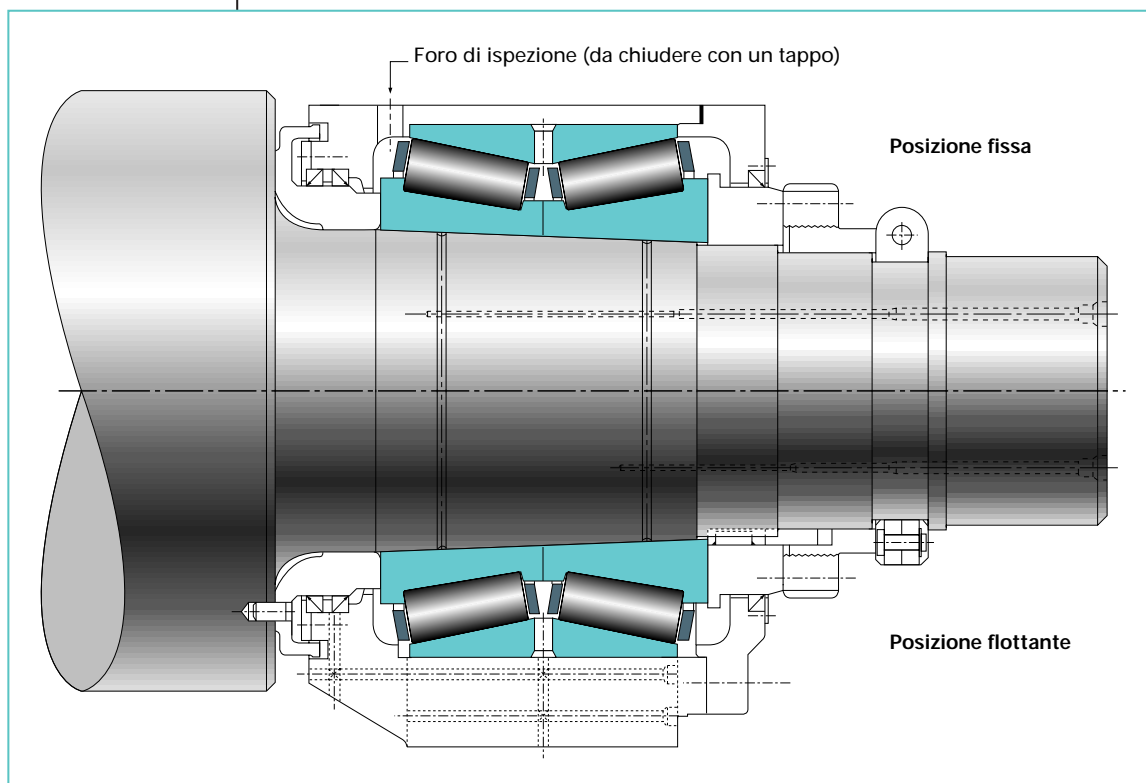



Fig. 3-26
Montaggio con TNAT

3.1.2. Cilindri di lavoro

La nostra gamma di cuscinetti tipici per cilindri di lavoro è molto diversificata per quanto riguarda gli angoli dei cuscinetti, confrontata con la nostra gamma di cuscinetti per cilindri di appoggio della serie pesante.

I cuscinetti per cilindri di lavoro hanno anche una ridotta sezione e sono molto più stretti dei cuscinetti per cilindri di appoggio (Fig. 3-27). Questo è dovuto al fatto che i carichi sui cilindri di lavoro sono notevolmente più contenuti e perché le sezioni delle guarniture sul piano verticale sono molto sottili sia dal lato passaggio materiale sia dal lato opposto dove il cilindro di lavoro è a contatto con quello di appoggio.

Fig. 3-27
Ingombri relativi del cuscinetto

Per ottenere un tasso di usura medio dei cilindri del 10 %, queste sezioni verticali delle guarniture rappresentano circa il 12,5 % del raggio esterno del cuscinetto e, in qualche caso, possono essere anche più piccole (Fig. 3-28).

Fig. 3-28

Inoltre, il diametro del collo può variare notevolmente in funzione del materiale usato per i cilindri. In media, il rapporto collo-tavola è vicino al 55 % per laminatoi a freddo dove si utilizzano cilindri in acciaio, e vicino al 62 % per laminatoi a caldo dove si utilizzano diverse qualità di cilindri in ghisa.

Per un frequente cambio dei cilindri è necessario poter montare e smontare facilmente e velocemente il sistema guarnitura-cuscinetto. Il tipo di cuscinetto a quattro file di rulli montato libero, come descritto nel precedente capitolo 3.1.1.3., è la soluzione maggiormente utilizzata sia per laminatoi a caldo che a freddo che laminano acciaio e materiali non ferrosi. (Fig. 3-29).

Fig. 3-29
Montaggio libero di un cuscinetto 2TDIW

Il concetto di montaggio libero è una pratica corrente nell'industria indipendentemente dalla velocità di laminazione. L'usura del collo rimane nella maggior parte delle applicazioni entro limiti accettabili e non è un fattore importante che influenza la durata del cilindro.

Nei laminatoi a freddo con cilindri in acciaio, sebbene velocità e durate dei cilindri siano più elevate, l'usura del collo generalmente non rappresenta un problema. Una minima quantità di lubrificante tra il collo e l'alesaggio del cuscinetto ha sempre minimizzato tale fenomeno.

Solo per alcuni laminatoi veloci per alluminio, è stato deciso, per ragioni cautelative, di procedere con cuscinetti a rulli conici montati forzati.

Molti laminatoi esistenti sono stati disegnati con cuscinetti per cilindri di lavoro a maggiore conicità rispetto ai cuscinetti utilizzati sui cilindri di appoggio. Il fattore K, che varia da 1 a 1,8, dà una capacità di carico assiale all'assemblaggio a quattro file sufficiente a bilanciare i carichi assiali indotti da un incrocio dei cilindri "non controllato". Una manutenzione regolare delle placche di usura laterali della guarnitura limita gli effetti negativi di questo fenomeno sulla durata dei cuscinetti. Queste selezioni di cuscinetti possono sopportare carichi assiali equivalenti a circa l'1 % del carico di laminazione.

La necessità di tolleranze più strette e di una maggiore qualità del prodotto finito richiede nuovi processi e metodi di produzione che aumentano i carichi sui cuscinetti dei cilindri di lavoro.

Sistemi di *bending* e di *shifting* assiale dei cilindri rappresentano due esempi che saranno trattati con maggior dettaglio in seguito.

3.1.2.1. Procedura di *bending* per cilindri di lavoro

Con l'adozione di *bending* positivo e negativo del cilindro si applicano carichi più elevati alle guarniture dei cilindri di lavoro. Questa procedura è stata introdotta 2-3 decenni orsono nei laminatoi per nastro a freddo per migliorare la forma del nastro e le caratteristiche di planarità. Durante il decennio scorso, i carichi di *bending* sono stati applicati anche ai laminatoi per nastro a caldo per migliorare ulteriormente la qualità del prodotto.

Negli anni scorsi sono stati introdotti anche dispositivi per il cambio rapido dei cilindri modificando sostanzialmente il disegno della guarnitura (Fig. 3-30). I carichi sono ora applicati in modo diverso alle guarniture attraverso cilindri alloggiati nei cosiddetti "blocco pistoni" fissati nella spalla del laminatoio.

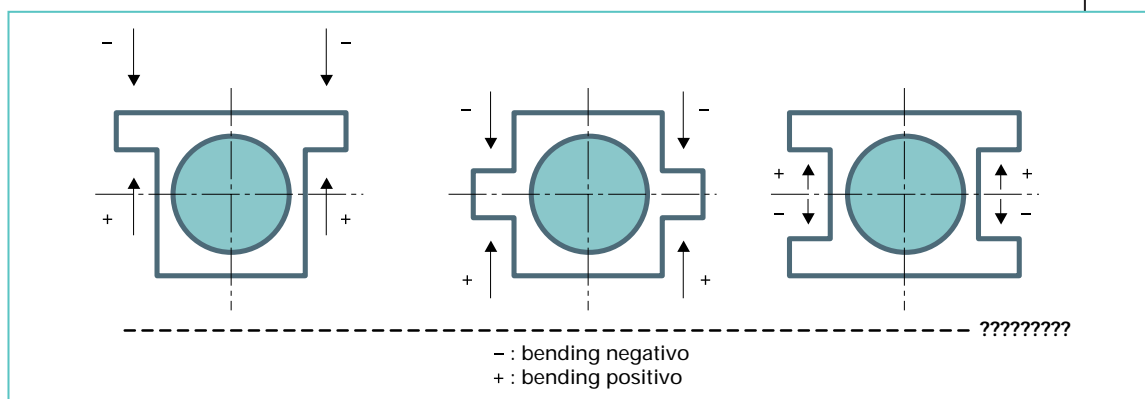



Fig. 3-30
Disegni di guarniture per cilindri

Oggi si usano generalmente carichi di *bending* pari a circa 60-80 tonnellate (per guarnitura) nei laminatoi a freddo e fino a 150-200 tonnellate nei laminatoio a caldo.

Questo, in combinazione con sezioni ridotte delle guarniture, spiega la ragione per cui la selezione dei cuscinetti per cilindri di lavoro non è più una procedura automatica come in passato dove si applicavano solo carichi di bilanciamento.

Per questo motivo, in qualche caso si deve eseguire una più approfondita analisi (Analisi agli Elementi Finiti o equivalente) per poter valutare se la durata teorica calcolata è ancora accettabile. Questa FEA ha spesso mostrato una variazione dal 10 al 15 % della durata rispetto al calcolo a catalogo per le deformazioni dell'alesaggio della guarnitura, deformazioni che si verificano con questi forti carichi applicati (Fig. 3-31).

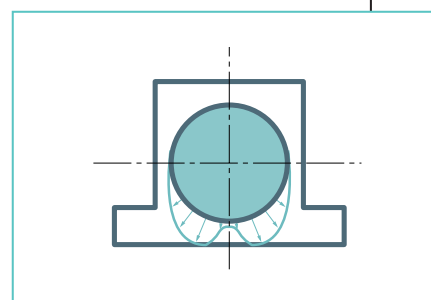



Fig. 3-31
Tipica distribuzione del carico con bending negativo

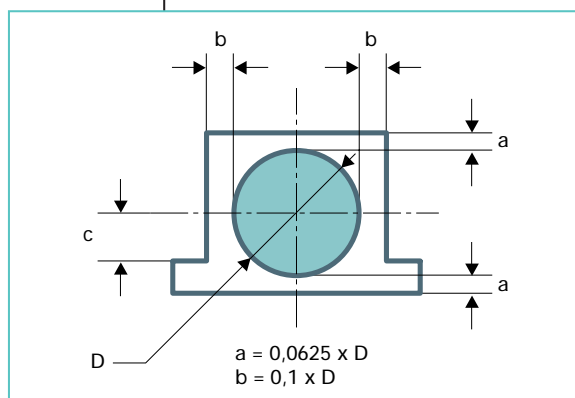
Queste analisi hanno dimostrato che le sottili sezioni della guarnitura "a" (Fig. 3-32) nel piano verticale non sono le sole importanti in condizioni di carico elevato. Le sezioni laterali della guarnitura "b" e in modo particolare la posizione "c" della flangia, in relazione al foro dove si applica il carico, sono pure molto critiche.

NOTA : Analisi agli elementi finiti hanno mostrato anche che la distribuzione del carico sui rulli può essere migliorata significativamente, con sezioni della guarnitura leggermente ridotte rispetto alle usuali, considerando il 12,5 % come coefficiente di usura del cilindro.

Fig. 3-32
Sezioni della guarnitura del cilindro di lavoro

Questo sottolinea il fatto che la dimensione del collo dovrebbe essere valutata in funzione del materiale del cilindro e della coppia applicata per permettere la selezione dell'alesaggio del cuscinetto più piccolo possibile (rapporti collo-tavola di circa 45-50 % per laminatoi a freddo, 55-60 % per laminatoi a caldo). Questo lascerà quindi sufficiente materiale nelle guarniture per rinforzare le sezioni nel piano verticale ogni qualvolta sia fattibile tecnicamente.

3.1.2.2. Posizione radiale

Il cuscinetto a quattro file di rulli conici del tipo TQOW (o del tipo 2TDIW) è ancora la soluzione preferita dall'industria, grazie alla sua peculiare e superiore capacità di distribuire il carico e di controllare la zona di carico.

Il cuscinetto a sei file di rulli conici può anche essere utilizzato per ottenere la capacità di carico richiesta del cuscinetto quando sono necessarie forti sezioni dei colli con il minimo diametro del cuscinetto senza sacrificare le sezioni della guarnitura.

Tali cuscinetti a sei file sono già in utilizzo nei cilindri di lavoro di diversi laminatoi a caldo e a freddo per alluminio e sono ancora oggi selezionati per i cilindri di lavoro dei laminatoi "4HI Steckel".

Con i dispositivi di bloccaggio usuali, distanziale + ghiera + anello a collare, è necessario, nella fase di montaggio, serrare la ghiera in modo da avere tutti i componenti in contatto assialmente (distanziale lato tavola - anelli interni e distanziale del cuscinetto - distanziale esterno - ghiera - anello a collare come mostrato in Fig. 3-17). Allora, è essenziale allentare la ghiera in modo da lasciare un gioco assiale di circa 0,5 a 1 mm per permettere la libera rotazione degli anelli interni (ved. anche capitolo 5.1.).

Nel caso del concetto 2TDIW (senza distanziale coni), la tolleranza sulla larghezza totale dell'anello interno è controllata (ved. tabella al capitolo 6) da rendere possibile l'eliminazione del sistema a ghiera e quindi l'operazione manuale di avvitamento e svitamento. In questo caso, i soli pezzi necessari per mantenere il cuscinetto in posizione sul collo sono il distanziale esterno (usato anche come sede per le tenute) e l'anello a collare in due metà (ved. Fig. 3-33).

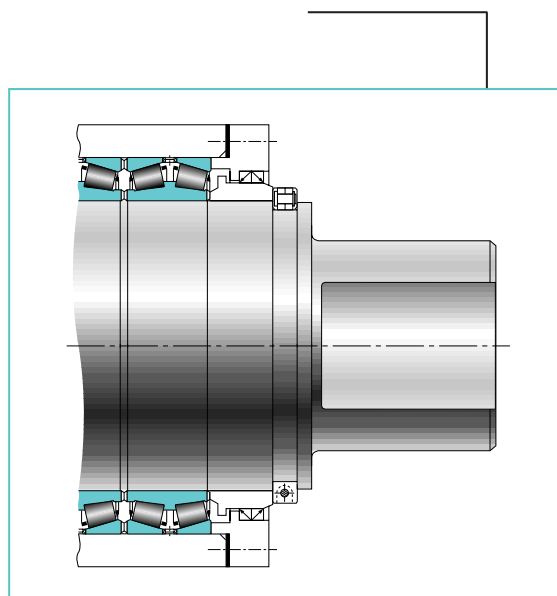



Fig. 3-33

Questo sistema di bloccaggio fornisce anche maggiore sicurezza. Esso assicura chi i coni siano mantenuti liberi assialmente, con il gioco assiale raccomandato.

IL CONCETTO 2 O 3 TDIW (senza distanziale per gli anelli interni), UN VANTAGGIO CHE SEMPLIFICA IL SISTEMA DI BLOCCAGGIO SUL COLLO E RIDUCE IL TEMPO DI MONTAGGIO NECESSARIO.

CUSCINETTI CON TENUTE PER CILINDRI DI LAVORO

La tendenza verso i cuscinetti con tenute per cilindri di lavoro (nello stesso ingombro dimensionale della versione senza tenute) è iniziata alla fine degli anni '70. Essa si è sviluppata e cresciuta rapidamente tra gli utilizzatori, in particolare nei laminatoi a caldo, nell'ultima decade.

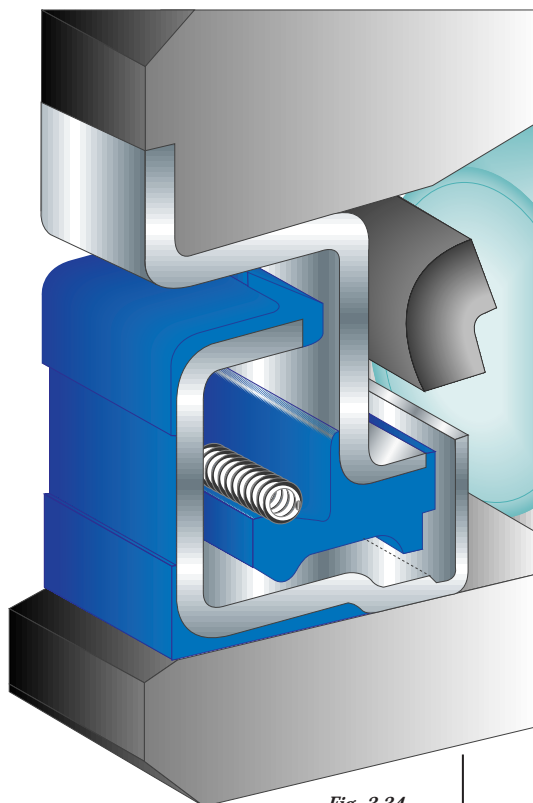



Fig. 3-34
Tenuta radiale dinamica a 2 elementi

Questo cambiamento è stato principalmente guidato dalla necessità di ridurre sostanzialmente il consumo di grasso ed i costi di manutenzione. Le guarniture non necessitano più di essere reingrassate ad ogni cambio del cilindro come praticato precedentemente, ottenendo così laminatoi più puliti ed una minor contaminazione dei refrigeranti del cilindro ecc...

Il reingrassaggio è stato attualmente esteso dagli operatori da una frequenza di circa 500 a 1000 ore nei laminatoi a freddo. Inoltre, gli intervalli di ispezione generale dei cuscinetti sono stati estesi ogni 1000 ÷ 1500 ore.

Inoltre, con la limitazione delle contaminazioni esterne e la migliore ritenzione del lubrificante all'interno del cuscinetto, sono stati sviluppati grassi speciali. Ciò dovrebbe portare ad un miglioramento delle prestazioni dei cuscinetti se il rapporto "carico-capacità del cuscinetto" rimane lo stesso e se viene mantenuto un adeguato livello di manutenzione nel sistema guarnitura-cuscinetto-collo.

La possibilità ora di proporre tali grassi speciali è di particolare importanza non solo per i laminatoi a caldo dove i cilindri sono abbondantemente raffreddati ad acqua, ma anche per i laminatoi a freddo ad alta velocità dove le temperature di funzionamento previste dei cuscinetti sono significative, vale a dire attorno ai 100 °C o superiori.

Il fatto che le tenute siano alloggiate nel cuscinetto alle due estremità, permette alle tenute stesse di rimanere nelle loro sedi durante i frequenti cambi di cilindro senza rischi di danneggiamento. Tuttavia, l'uso di tali cuscinetti richiede ancora un complesso e ben curato sistema di tenute nella guarnitura, in modo particolare dal lato tavola cilindro.

(Per maggiori informazioni, vedere anche il capitolo 4-2).

IL SISTEMA "GUARNITURA-CUSCINETTO" CON TENUTE

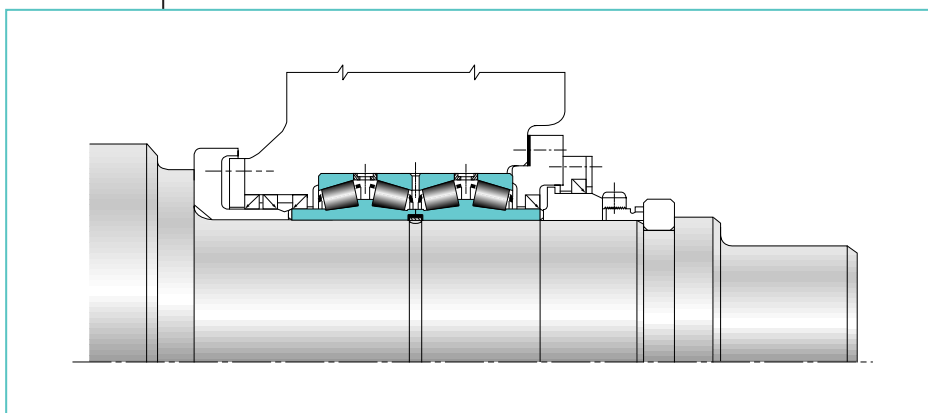



Fig. 3-35

Lo spazio necessario per la tenuta, anche se molto piccolo, spesso richiede una piccola diminuzione della capacità del cuscinetto. Un'altra soluzione per evitare qualsiasi diminuzione potrebbe essere l'utilizzo in fase di progetto del cuscinetto a quattro file con gli anelli interni allungati (tipo TQOWE o 2TDIWE) capace di fornire un sistema "guarnitura-cuscinetto" con tenute (Fig. 3-35).

3.1.2.3. Sistemi di *shifting* assiale del cilindro ed altro

L'introduzione dello *shifting* assiale (Fig. 3-36), dell'incrocio dei cilindri o di qualsiasi altro concetto per migliorare ulteriormente la forma e la planarità del nastro, è un'altra ragione per prestare maggiore attenzione alla selezione del sistema di cuscinetti.

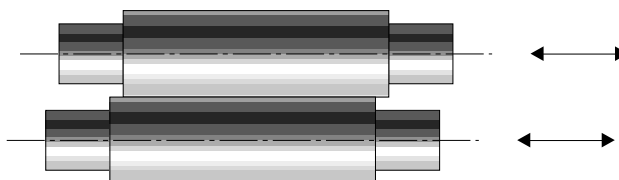



Fig. 3-36
Sistema di shifting assiale

Con questi carichi assiali aggiuntivi combinati con i carichi di *bending* aumentati, può essere necessaria una posizione separata per il cuscinetto assiale in modo da ottenere ancora soddisfacenti prestazioni dei cuscinetti.

Tuttavia, alcuni laminatoi equipaggiati con tali sistemi di *shifting* assiale sono semplicemente montati su cuscinetti a quattro file tipo TQOW. Questi cuscinetti hanno, in questo caso, una forte conicità per sopportare i carichi assiali aggiuntivi.

Per cilindri di lavoro dove sono previsti carichi assiali più alti, fino a 100 tonnellate, la soluzione è di fornire un cuscinetto a rulli conici assiale separato nella guarnitura in posizione fissa (Fig. 3-37).

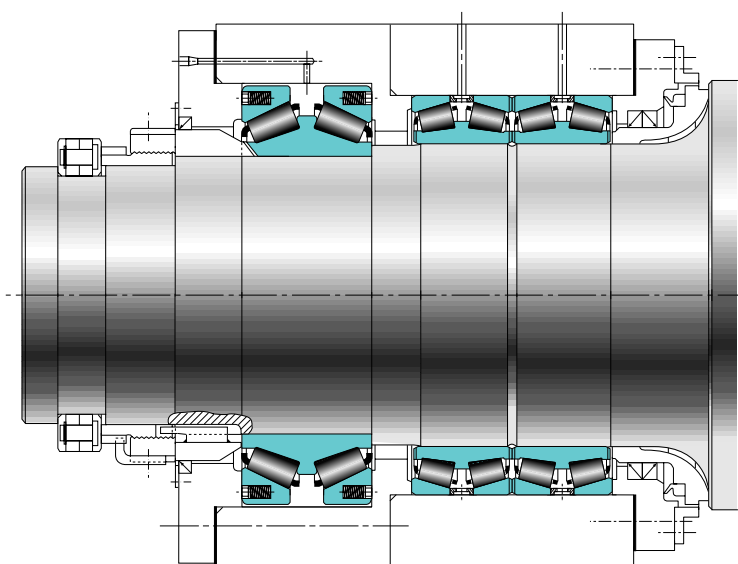



Fig. 3-37
Posizione assiale separata in caso di carichi assiali elevati

In quei casi dove si utilizza un cuscinetto assiale separato, possono essere selezionati cuscinetti con capacità di carico radiale aumentata con fattori K che variano da 1,7 a 2.

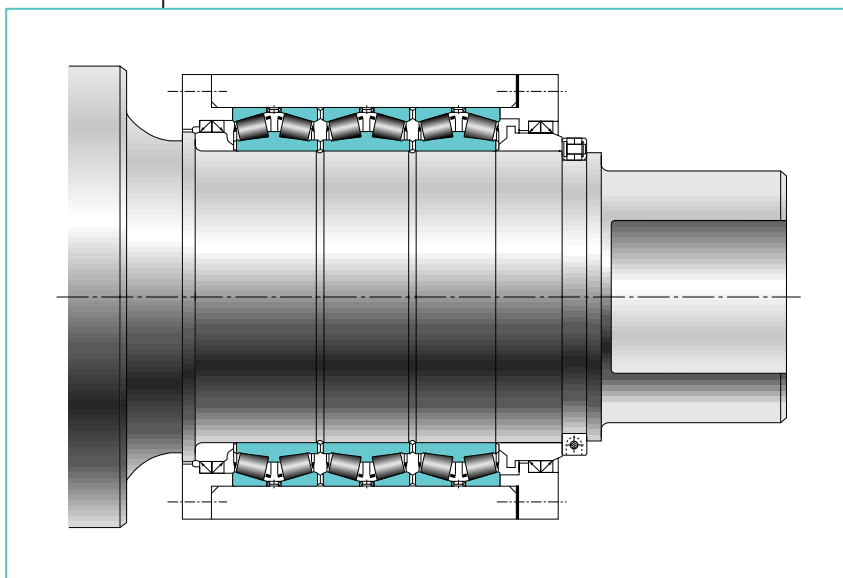



Fig. 3-38
Posizioni radiale ed assiale combinate con un cuscinetto assemblato a sei file

Un assemblaggio a sei file potrebbe anche aumentare la capacità di carico assiale totale e perciò, dalle condizioni di carico dettagliate, si potrebbe valutare se un cuscinetto assiale separato è ancora necessario (Fig. 3-38).

Poiché il carico assiale può agire in entrambe le direzioni, normalmente si richiede un cuscinetto reggispinta assiale a doppio effetto. Attualmente cuscinetti a due file di rulli conici, nella configurazione a Montaggio Diretto (cuscinetto tipo TDIK, Fig. 3-39), sono selezionati principalmente per i cilindri di lavoro dei laminatoi a caldo dove il grasso è il tipo di lubrificante usuale.

Questi cuscinetti a forte conicità, con fattori K generalmente inferiori ad 1, hanno generalmente una sufficiente capacità di carico assiale da far fronte ai carichi aumentati. Gli anelli esterni sono montati nelle guarniture con un notevole gioco radiale in modo da non essere caricati radialmente (ved. Fig. 3-39). Inoltre, queste coppe non sono bloccate assialmente tramite il distanziale delle coppe come per i cuscinetti preregistrati.

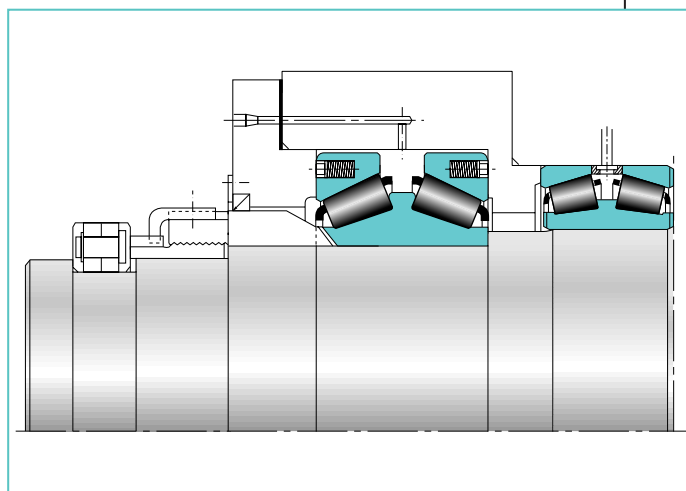



Fig. 3-39
Posizione assiale separata con un cuscinetto TDIK

Il gioco assiale (inferiore a 0,50 mm) è ottenuto tramite spessori posizionati tra la flangia del coperchio e la superficie della guarnitura.

Per questa posizione assiale, dove il carico agisce in entrambe le posizioni, risulta essenziale che la fila non caricata sia correttamente posizionata in modo da assicurare un adeguato contatto tra gli elementi rotanti, ottenendo quindi un funzionamento sicuro senza rischi di danneggiamenti della gabbia, intraversamento dei rulli, ecc...

Questo si può facilmente ottenere caricando assialmente entrambe le coppe per mezzo di molle alloggiate negli spallamenti delle coppe o preferibilmente direttamente nelle coppe come mostrato nella Fig. 3-39.

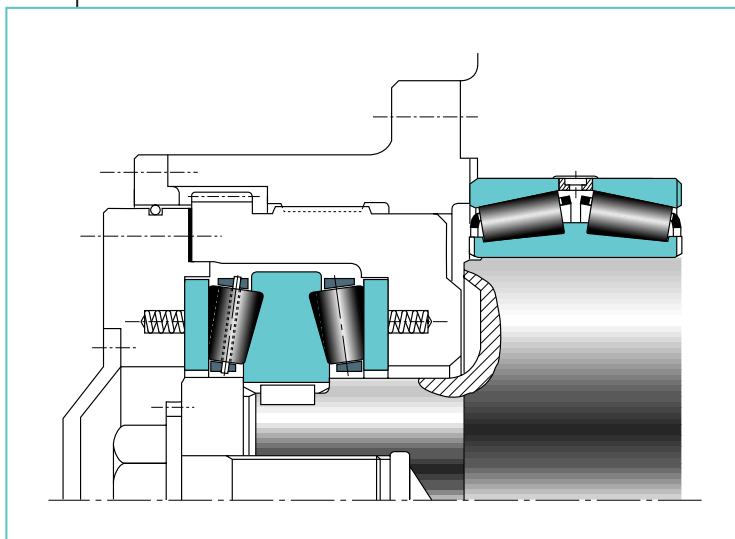



Fig. 3-40
Posizione assiale separata con un cuscinetto TTDWK

Per laminatoi a freddo, dove le velocità sono decisamente più elevate, si prevede una lubrificazione ad olio per la posizione assiale. La soluzione TDIK, in funzione delle condizioni di carico e velocità, può utilizzare lo stesso sistema di lubrificazione del cuscinetto radiale (grasso/aria-olio/nebbia d'olio).

Il cuscinetto assiale a doppio effetto tipo TTDWK (Fig. 3-40), in grado di offrire una capacità di carico assiale superiore al tipo TDIK, rappresenta una scelta alternativa nel caso siano previsti carichi assiali molto alti.

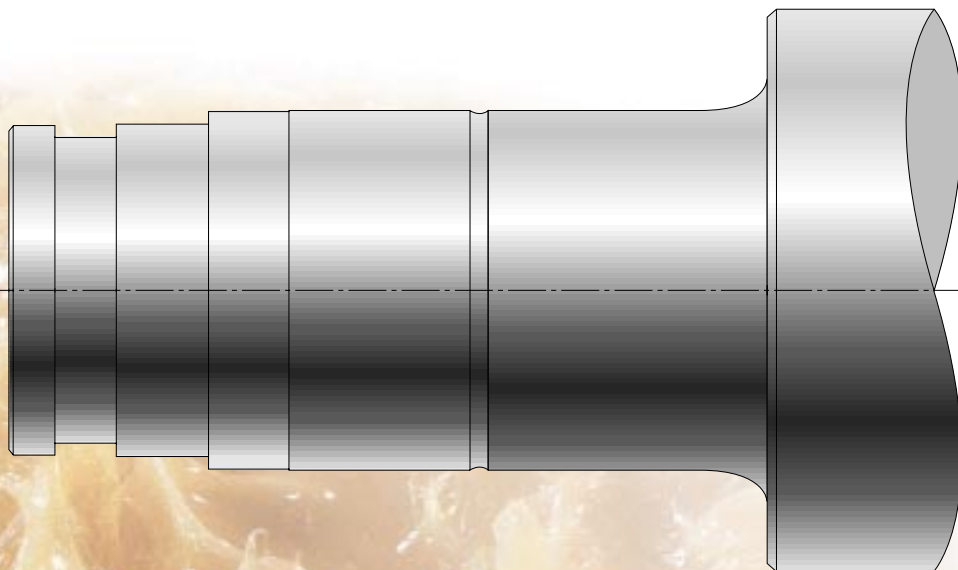
3.1.2.4. Lubrificazione dei cuscinetti

I cuscinetti dei cilindri di lavoro di laminatoi a caldo ed a freddo sono stati tradizionalmente lubrificati a grasso per velocità medie del nastro, mentre i cuscinetti dei laminatoi a nastro a freddo ad alta velocità ed i laminatoi a caldo ed a freddo per alluminio sono stati lubrificati a nebbia d'olio.

Negli ultimi anni, cuscinetti di cilindri di lavoro di laminatoi a freddo per acciaio esistenti, originalmente lubrificati a nebbia d'olio e funzionanti in molti casi a velocità fino a 1800 ÷ 1900 m/min, sono ora lubrificati a grasso a causa dell'introduzione del cambio rapido dei cilindri non più collegati con i tubi di lubrificazione.

I nuovi laminatoi a freddo per alluminio ad alta velocità sono comunque ancora previsti con lubrificazione ad olio anche se la tendenza è di passare al sistema aria-olio più affidabile (ved. anche capitolo 4).

3.1.2.5. Lubrificazione del collo cilindro

Una efficace configurazione delle tenute dal lato tavola con cuscinetti con tenute è sempre importante, in modo da evitare infiltrazioni del liquido di raffreddamento il quale può raggiungere i colli del cilindro, particolarmente in laminatoi dove le guarniture sono mantenute sui colli del cilindro durante l'operazione di rettifica della tavola e dove questi colli non sono frequentemente spalmati di grasso durante il cambio dei cilindri.

Si devono perciò prevedere delle forature nei colli per poter inviare del grasso nuovo nell'alesaggio del cuscinetto. Questo è particolarmente importante nei laminatoi a freddo veloci in modo da prevenire il grippaggio dei coni sui colli. A tal proposito, sistemi di lubrificazione a nebbia d'olio o aria-olio permettono una continua alimentazione di piccole quantità di olio sul collo durante il funzionamento.

Anche lubrificanti speciali in pasta o spray sono spesso usati per ridurre l'usura del collo e si sono dimostrati efficaci anche sui cilindri di appoggio di laminatoi per lamiera in funzionamento reversibile.

Come per i cuscinetti dei cilindri di appoggio, possono essere previste gole a spirale nell'alesaggio dei coni per aiutare la ritenzione del lubrificante tra il collo e il diametro interno dei coni.

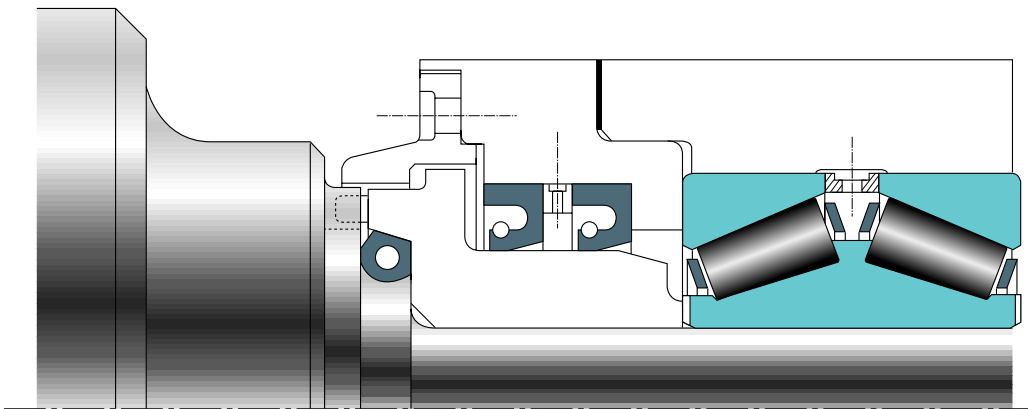



Fig. 3-41

Un sistema di tenute lato tavola come mostrato in Fig. 3-41, con un distanziale lato tavola montato libero rappresenta una configurazione alternativa interessante che permetterebbe di incorporare un sistema di tenute più sofisticato.

Questo distanziale lato tavola montato libero rimane parte dell'insieme guarnitura permettendo alla tenuta principale della guarnitura di rimanere nella sua sede durante il cambio dei cilindri. Questi distanziale lato tavola dovranno, naturalmente, essere bloccati in rotazione e provvisti di tenuta (per evitare qualsiasi infiltrazione di contaminante).

3.1.3. Parti correlate al cuscinetto

3.1.3.1. Configurazioni del distanziale lato tavola

Il distanziale lato tavola posizionerà il cuscinetto e la guarnitura sul collo. Il suo disegno dipende dallo spazio disponibile e dal livello di tenuta desiderato.

Mostrare tutte le possibili variazioni risulterebbe impraticabile.

Comunque, diverse configurazioni (Fig. 3-42) sono state usate con successo per molti anni per soddisfare diversi tipi di condizioni operative. La maggior parte di queste sono disegnate con una o due tenute radiali a labbro in combinazione con una tenuta assiale del tipo “V-ring” od a labirinto, particolarmente per laminazioni con liquidi refrigeranti.

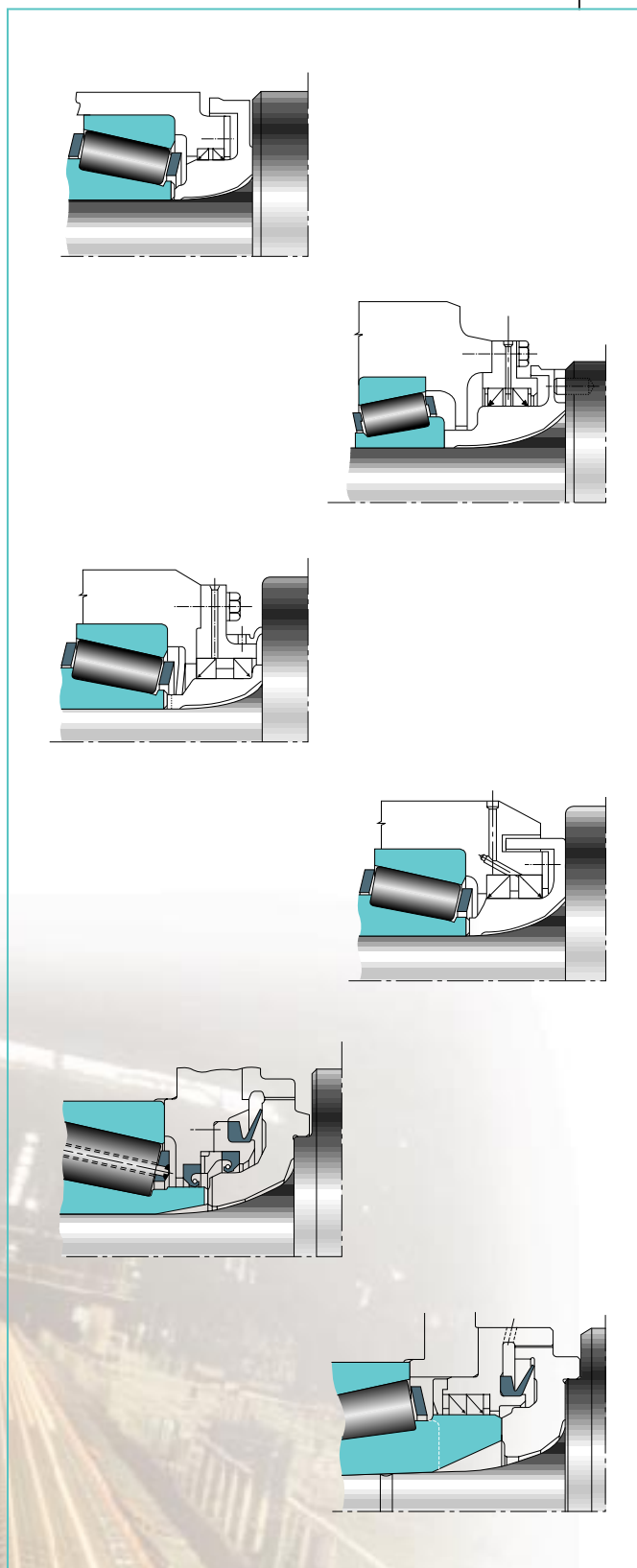



Fig. 3-42 Configurazioni del distanziale lato tavola

TIMKEN

Tenute radiali a labbro sono utilizzate in applicazioni sia orizzontali che verticali. I produttori di tenute hanno sviluppato queste tenute per risolvere i problemi di lubrificazione evidenziati dagli utilizzatori di laminatoi e dai reparti manutenzione. Nel caso si utilizzino due tenute radiali a labbro come unità, si dovrà prevedere una entrata di lubrificante tra le stesse.

I distanziali lato tavola sono generalmente montati forzati sul collo del cilindro. Questo elimina la necessità di bloccarli in rotazione ed inoltre aiuta a prevenire l'entrata di refrigeranti di laminazione attraverso il diametro interno del distanziale stesso.

I distanziali lato tavola possono anche essere montati liberi per permettere il loro utilizzo su diversi cilindri e limitare quindi il loro numero (Fig. 3-43 e Fig. 3-41).

In questo caso particolare, il distanziale lato tavola formerà un insieme con il cuscinetto e la guarnitura. Una tenuta statica "O ring" deve però essere prevista tra il distanziale lato tavola e il collo per impedire l'entrata dei liquidi refrigeranti. Si dovrà anche incorporare un sistema a chiavetta per impedire la rotazione del distanziale stesso.

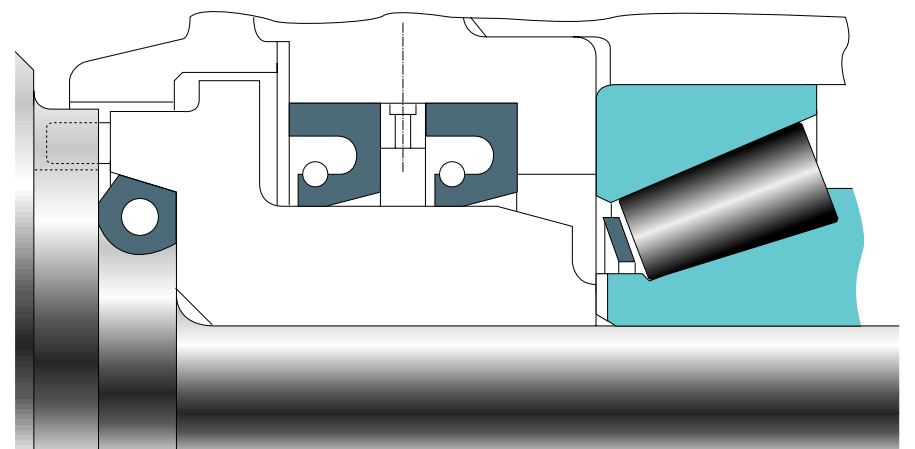



Fig. 3-43
Configurazione del distanziale lato tavola rimovibile (bloccato contro la rotazione)

3.1.3.2. Dispositivi di bloccaggio degli anelli interni

Il cuscinetto completo assemblato è mantenuto in posizione con una ghiera montata sopra un anello di ritegno filettato e provvisto di chiavetta. Questo anello di ritegno è appoggiato a sua volta ad un anello a collare in due parti montato in una gola ricavata nell'estensione del collo del cilindro (Fig. 3-44).

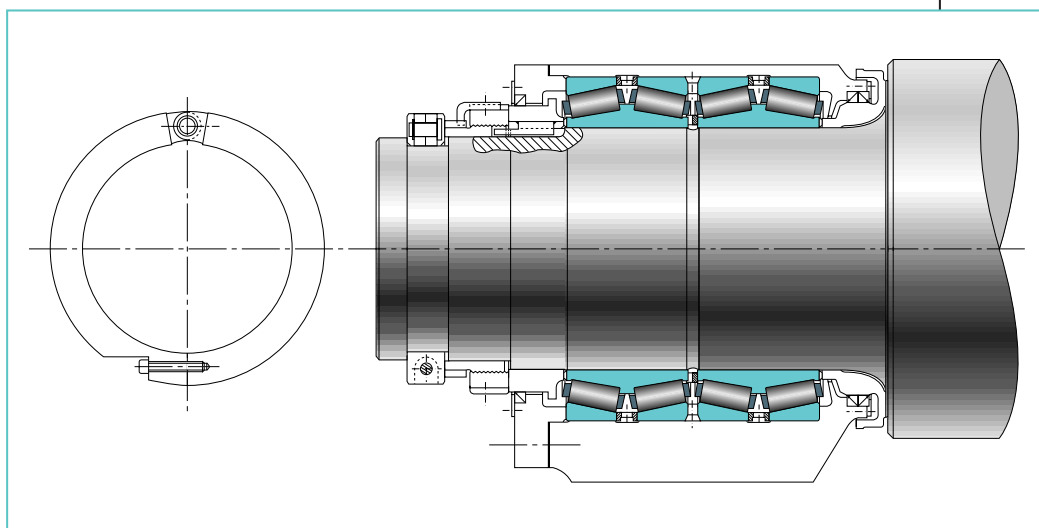



Fig. 3-44
Dispositivo di ritegno con ghiera standard, anello filettato ed anello a collare in due parti

Tale dispositivo è generalmente utilizzato sia nei montaggi ad accoppiamento libero che forzato.

Si ottengono montaggi e smontaggi rapidi, poiché si richiedono pochi giri della ghiera per il montaggio e solo mezzo giro per lo smontaggio. Dopo aver rimosso l'anello a collare in due parti, la ghiera e l'anello filettato possono essere rimossi dal collo come insieme. L'assemblaggio cuscinetto e guarnitura possono quindi essere rimossi dal collo. Le procedure dettagliate relative ai montaggi con accoppiamenti liberi e forzati sono descritte nel capitolo 5.1.

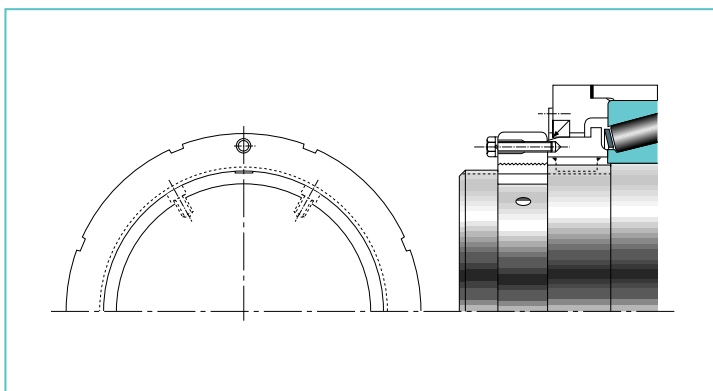



Fig. 3-45

La Fig. 3-45 mostra un dispositivo alternativo che potrebbe essere considerato, dove è possibile, una limitata estensione del collo del cilindro dovuto a limitazioni di spazio. Una simile configurazione è spesso utilizzata nel cambio da altri tipi di cuscinetti.

Nei cilindri di appoggio si può considerare una configurazione con piastra di bloccaggio, come mostrato in Fig. 3-46.

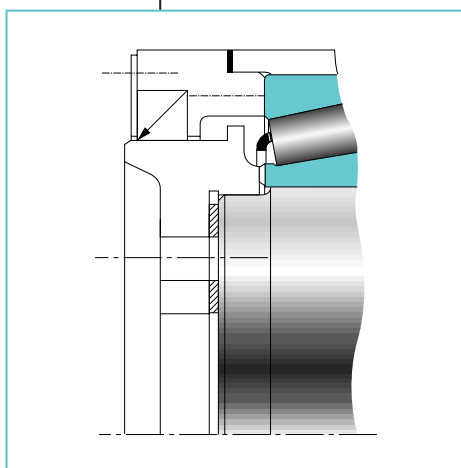



Fig. 3-46
Disegno della piastra di bloccaggio

La Fig. 3-47 mostra un altro dispositivo che potrebbe essere considerato per cilindri di lavoro condotti dove è necessario mantenere un'estensione con il massimo diametro di accoppiamento.

Per ridurre ulteriormente i tempi di montaggio e smontaggio, ed allo stesso tempo il costo del cilindro, con il concetto di cuscinetti a due o tre TDIW si utilizzano ora sistemi non registrabili, come mostrato in Fig. 3-42.

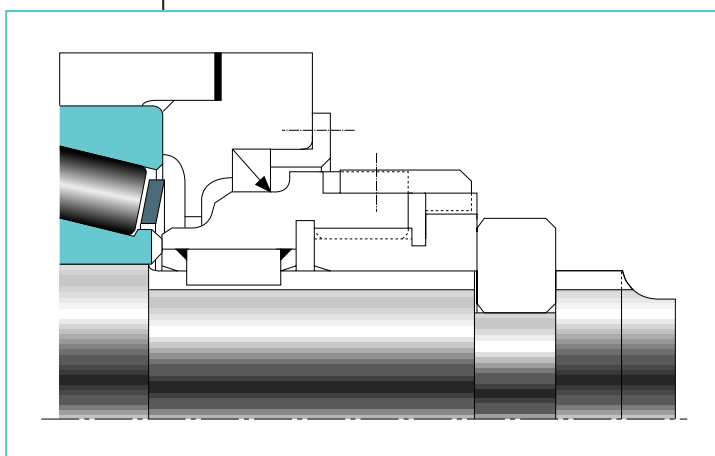



Fig. 3-47
Dispositivo di ritegno per evitare una eccessiva diminuzione del diametro del collo del cilindro

La selezione dei cuscinetti non solo considera lo spazio disponibile per il cuscinetto ma anche la durata prevista del cuscinetto. Questo capitolo tratta il calcolo di durata e spiega i diversi modi per realizzare ed affinare questo calcolo.

3.2. Durata del cuscinetto

3.2.1. Basi di calcolo

La durata del cuscinetto è definita come il numero di ore od il numero di cicli necessari per sviluppare una scagliatura a fatica di dimensioni prestabilite. Questa dimensione, indipendentemente dalla taglia del cuscinetto, è definita da un'area pari a 6 mm^2. Comunque, viste le grandi dimensioni dei cuscinetti per laminatoi, essi possono funzionare oltre questo limite e ci si può aspettare una durata molto superiore a quella calcolata. Tale durata dipende da molti fattori diversi come carico, velocità, lubrificazione, tolleranze di accoppiamento, registrazione, temperature di funzionamento, contaminazione, manutenzione, oltre a molti altri fattori ambientali.

In base a tutti questi fattori, è impossibile prevedere con esattezza la durata di ciascun cuscinetto. Inoltre, cuscinetti che possono sembrare identici, sottoposti esattamente alle stesse condizioni di prova, possono mostrare una notevole dispersione nei valori di durata. È importante anche ricordare che statisticamente la durata di un cuscinetto a più file sarà sempre inferiore della durata di ogni singola fila nel sistema. Per cuscinetti da laminatoi dove è impossibile effettuare test su un grande numero di cuscinetti, la lunga esperienza della Società Timken potrà aiutarVi nel calcolo della durata dei vostri cuscinetti.

3.2.1.1. Durata L_{10}

La durata L_{10} è la durata che il 90 % di un gruppo di cuscinetti apparentemente uguali raggiunge, o supera, prima che si verifichi un cedimento a fatica di tipo od entità precedentemente stabilito, pari a 6 mm^2.

La durata di un cuscinetto a rulli conici, se correttamente manipolato, montato, conservato, lubrificato ed utilizzato, generalmente raggiungerà e potrà anche superare la durata L_{10} calcolata.

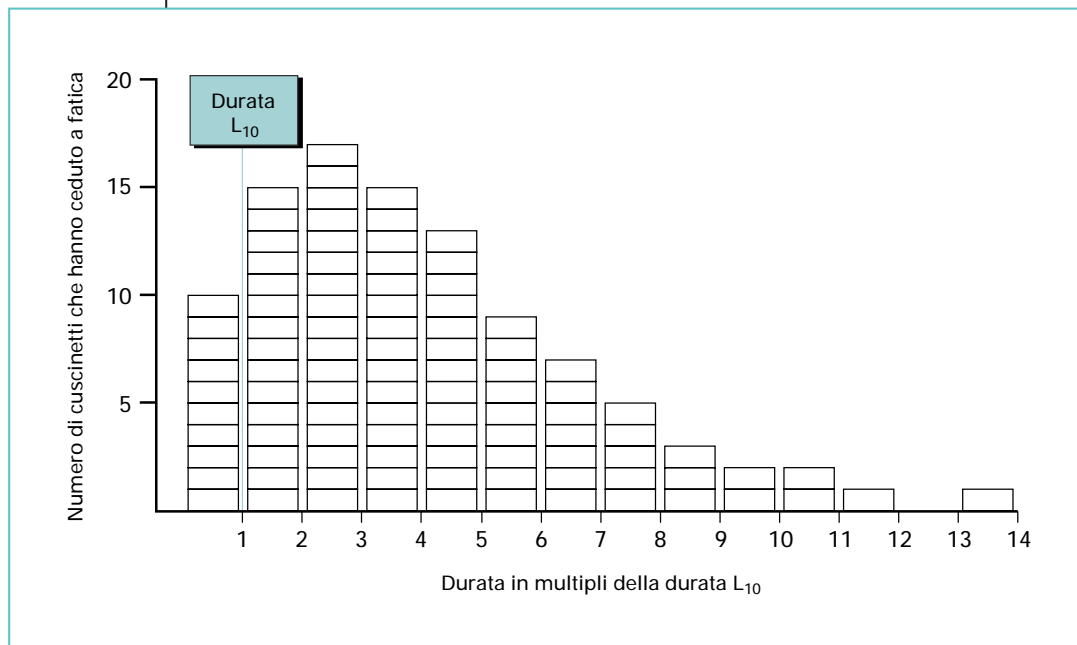



Fig. 3-48
Diagramma della dispersione teorica della durata a fatica di un gruppo di 100 cuscinetti apparentemente uguali funzionanti nelle stesse condizioni

Se un gruppo di cuscinetti apparentemente identici è sottoposto a determinate condizioni di prova in laboratorio, ci si attende che il 90 % di questi cuscinetti raggiunga durate a fatica maggiori della durata stabilita. Per cui solo il 10 % dei cuscinetti testati avrà una durata inferiore alla durata stabilita. La Fig. 3-48 mostra che la dispersione della durata dei cuscinetti segue la funzione della distribuzione di Weibull con un parametro di dispersione uguale a 1,5.

3.2.1.2. Formule della durata del cuscinetto

Come si può vedere nelle pagine seguenti, non c'è solo un metodo di calcolo della durata di un cuscinetto, ma in tutti i casi la formula della durata di un cuscinetto è :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} x \frac{B}{n} x \ a$$

L_{10} in ore

C = capacità di carico radiale dinamica del cuscinetto in N ;
P = carico radiale o carico radiale dinamico equivalente applicato al cuscinetto in N. Il calcolo di P dipende dal metodo (ISO o Timken) con carichi assiali e radiali combinati ;
B = fattore dipendente dal metodo ; B = 1,5 x 10^6 per il metodo Timken (3000 ore a 500 G/min) e $10^6/60$ per il metodo ISO ;
a = fattore correttivo della durata ; a = 1 quando non si considerano i fattori ambientali ;
n = velocità di rotazione in G/min.

Quanto segue aiuta a visualizzare gli effetti del carico e della velocità sulla durata dei cuscinetti :

- Raddoppiando il carico la durata (cicli, ore) si riduce a circa un decimo. Riducendo di metà il carico la durata aumenta di dieci volte,
- Raddoppiando la velocità la durata si riduce di metà. Riducendo di metà la velocità la durata si raddoppia.

In effetti, i diversi metodi di calcolo della durata applicati (ISO 281, Timken,...) differiscono per la scelta dei parametri utilizzati (per esempio : la formula Timken è basata su 90 milioni di cicli, mentre le altre sono basate su 1 milione di cicli).

3.2.2. Capacità di carico dei cuscinetti

In funzione del metodo di calcolo della durata utilizzato, si dovrà di conseguenza selezionare la capacità di carico del cuscinetto. La capacità "C_r", basata su un milione di cicli, è utilizzata con il metodo ISO, mentre la capacità "C_{90}", basata su 90 milioni di cicli, è utilizzata con il metodo Timken.

La capacità Timken è anche pubblicata basata su 1 milione di cicli :

$$C_1 = C_{90} \ x \ 3,857$$

Questo Vi permetterà di fare un confronto diretto tra i cuscinetti Timken e quelli la cui capacità è basata su 1 milione di cicli. Tuttavia, un confronto diretto tra le capacità di diversi costruttori può fuorviarVi per le differenze nella filosofia delle capacità, del materiale, del processo produttivo e di progettazione.

Per poter effettuare un vero confronto tra le capacità di diversi fornitori di cuscinetti, si dovrebbe utilizzare solo la capacità definita seguendo le formule ISO 281. Tuttavia, nel fare questo, non vengono prese in considerazione le diverse qualità di acciaio da un fornitore all'altro.

3.2.2.1. Capacità di carico radiale dinamica C_r ISO 281

Questa formula di capacità del cuscinetto è pubblicata dalla ISO (International Organization for Standardization) e dalla AFBMA (Anti-Friction Bearing Manufacturers Association). Queste capacità non sono pubblicate né dalla Società Timken né da qualsiasi altro produttore di cuscinetti. In ogni caso, queste possono essere ottenute contattando la nostra società.

La capacità di carico radiale dinamica è funzione di :

$$C_r = b_m \times f_c \times (i \times L_{we} \times \cos \alpha)^{7/9} \times Z^{3/4} \times D_{we}^{29/27}$$

C_r = capacità di carico radiale in N
b_m = costante del materiale (la più recente versione ISO 281 specifica un fattore di 1,1)
f_c = fattore dipendente dalla geometria
i = numero di file del cuscinetto nell'assemblaggio
L_{we} = lunghezza effettiva di contatto del rullo in mm *
α = angolo di contatto del cuscinetto *
Z = numero di rulli per ciascuna fila
D_{we} = diametro medio del rullo in mm *
D_{pw} = diametro medio del set di rulli in mm *

(ved. Fig. 3-49)*

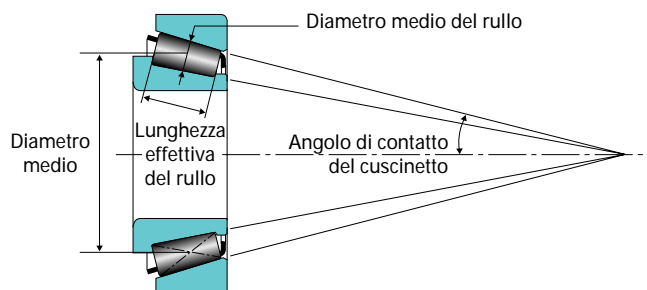



Fig. 3-49

$\frac{D_{we} \cos \alpha}{D_{pw}}$ [1]	f_c
0,01	52,1
0,02	60,8
0,03	66,5
0,04	70,7
0,05	74,1
0,06	76,9
0,07	79,2
0,08	81,2
0,09	82,8
0,10	84,2
0,11	85,4
0,12	86,4
0,13	87,1
0,14	87,7
0,15	88,2
0,16	88,5
0,17	88,7
0,18	88,8
0,19	88,8
0,20	88,7
0,21	88,5
0,22	88,2
0,23	87,9
0,24	87,5
0,25	87,0
0,26	86,4
0,27	85,8
0,28	85,2
0,29	84,5
0,30	83,8

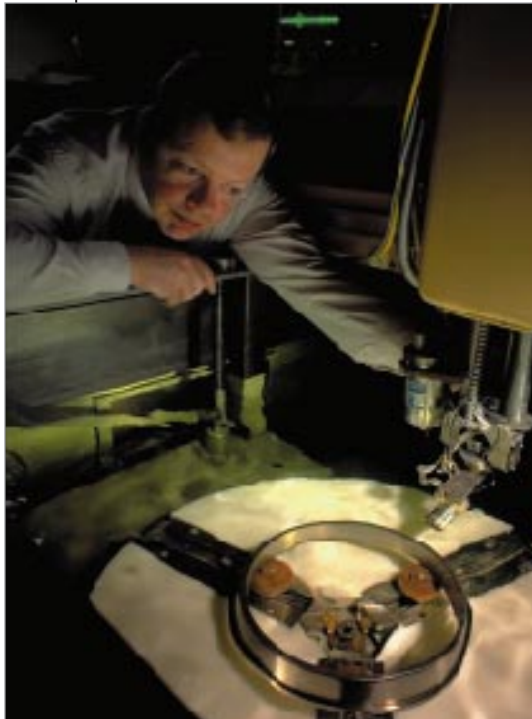
1) Valori di f_c per valori intermedi di $\frac{D_{we} \cos \alpha}{D_{pw}}$ si ottengono per interpolazione lineare.

Tabella 3-50
Valore massimo di fc per cuscinetti radiali a rulli

Per cuscinetti a doppia fila in cui entrambe le file sono equamente caricate, la capacità di due file considera la durata del sistema dell'assemblaggio come segue :

$C_{r(2)} = 2^{7/9} \times C_r$ o $C_{r(2)} = 1{,}71 \times C_r$

Per un cuscinetto a quattro file di rulli la capacità del sistema è :

$C_{r(4)} = 4^{7/9} \times C_r$ o $C_{r(4)} = 2{,}94 \times C_r$

3.2.2.2. Capacità di carico radiale dinamica Timken C_{90}

Anche se il metodo ISO permette di confrontare diversi fornitori di cuscinetti, la filosofia di base della Società Timken è di fornire la capacità del cuscinetto più pratica per il processo di selezione del vostro cuscinetto. Fin dal 1915 la Società Timken ha sviluppato e ratificato un metodo specifico di capacità per i suoi cuscinetti a rulli conici.

Le capacità di carico Timken C_{90} pubblicate sono basate su una durata di riferimento di 90 milioni di cicli o 3000 ore a 500 G/min.

Per garantire una qualità conforme a livello mondiale, nei nostri laboratori vengono condotti lunghi test di durata a fatica sui cuscinetti. Questi test di controllo hanno come risultato un alto livello di affidabilità nelle nostre capacità di carico.

La capacità di carico radiale dinamica è usata per valutare la durata di un cuscinetto in rotazione ed è funzione di :

$$C_{90} = M \times H \times (i \times L_{eff} \times \cos\alpha)^{4/5} \times Z^{7/10} \times D_{we}^{16/15}$$

C_{90} = capacità di carico radiale in N
M = costante del materiale
H = fattore dipendente dalla geometria
i = numero di file del cuscinetto nell'assemblaggio
L_{eff} = lunghezza effettiva di contatto del rullo in mm *
α = angolo di contatto del cuscinetto *
Z = numero di rulli per ciascuna fila
D_{we} = diametro medio del rullo in mm *

(ved. Fig. 3-49)*

Una capacità basata su 90 milioni di cicli è più realistica nelle condizioni operative odierne poiché la maggior parte delle applicazioni raggiunge o supera tale durata.

Per cuscinetti a doppia fila di rulli in cui entrambe le file sono equamente caricate, la capacità di due file considera la durata del sistema dell'assemblaggio come segue :

$$C_{90(2)} = 2^{4/5} \times C_{90} \quad \text{o} \quad C_{90(2)} = 1{,}74 \times C_{90}$$

La capacità di carico radiale dinamica di un assemblaggio a quattro file è pari al doppio della capacità di due file :

$$C_{90(4)} = 2 \times C_{90(2)}$$

e per un assemblaggio a sei file come tre volte la capacità di due file :

$$C_{90(6)} = 3 \times C_{90(2)}$$

La Società Timken pubblica anche i fattori K per i suoi cuscinetti. Questo fattore è il rapporto tra la capacità di carico radiale dinamica e la capacità di carico assiale dinamica di un cuscinetto a singola fila di rulli.

$$K = \frac{C_{90}}{C_{a90}}$$

Più piccolo è il fattore K, maggiore sarà l'inclinazione dell'angolo di contatto del cuscinetto. La relazione può anche essere espressa geometricamente come :

$$K = 0{,}389 \times \cot \alpha$$

α = angolo di contatto del cuscinetto

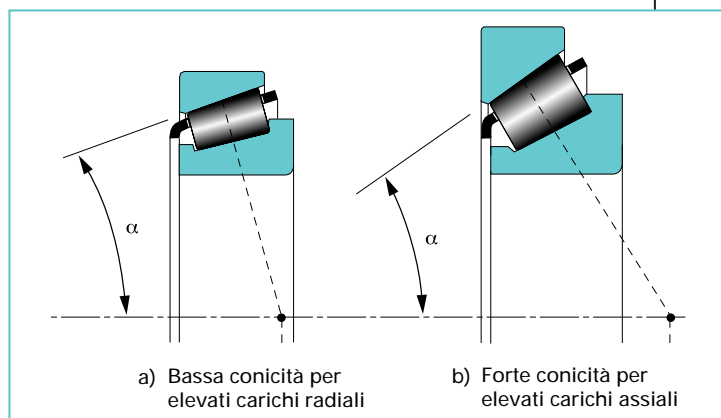



Fig. 3-51

3.2.3. Calcolo della durata L_{10}

L’approccio tradizionale al calcolo di durata di un cuscinetto inizia con la determinazione delle forze applicate e con il calcolo del carico radiale dinamico equivalente del cuscinetto (P).

Nelle applicazioni per laminatoi, la determinazione delle forze applicate dipende da un’ampia gamma di condizioni definite dai cicli di laminazione. Per cui, potrebbe non essere adeguato sviluppare un calcolo standard basato solo sul carico massimo generalmente fornito. Una stima realistica della durata del cuscinetto può solo essere ottenuta sulla base di un progetto attraverso una stretta collaborazione con il vostro ufficio tecnico. Tuttavia, la nostra precedente esperienza con applicazioni similari può fornire un buon punto di partenza per una valutazione iniziale.

I cuscinetti dei cilindri di appoggio, generalmente, sopportano il carico di laminazione più tutti gli altri carichi generati nel sistema. I cuscinetti dei cilindri di lavoro sopportano i carichi di bilanciamento e le forze di *bending* positivo/negativo (se esistono). In alcuni nuovi laminatoi, i cuscinetti sopportano anche i carichi assiali indotti dei sistemi di *shifting* e/o di incrocio cilindri. Questi carichi assiali possono rappresentare da 1 a 5 % del carico totale di laminazione in funzione dei sistemi utilizzati.

Quando i carichi ai cuscinetti sono noti ed il ciclo di carico ben definito, il calcolo della durata sarà più in linea con le prestazioni reali dei cuscinetti.

3.2.3.1. Cuscinetti a singola fila di rulli

I cuscinetti a rulli conici sono idealmente indicati per sopportare qualsiasi tipo di carico ; radiale, assiale o qualsiasi combinazione. Per la configurazione conica del cuscinetto, un carico radiale indurrà una reazione assiale all'interno del cuscinetto che dovrà essere bilanciata per evitare la separazione degli anelli interno ed esterno.

Il rapporto tra il carico radiale ed il carico assiale (carico assiale esterno e carico indotto), la registrazione e l'angolo di contatto del cuscinetto, determinano la zona di carico in un dato cuscinetto. Questa zona di carico è definita da un angolo che delimita i rulli che sopportano il carico. Se tutti i rulli sono in contatto e sopportano il carico, la zona di carico è definita pari a 360 gradi.

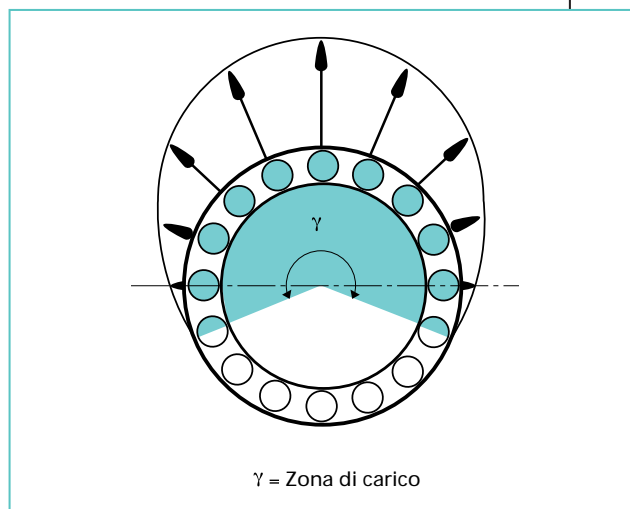
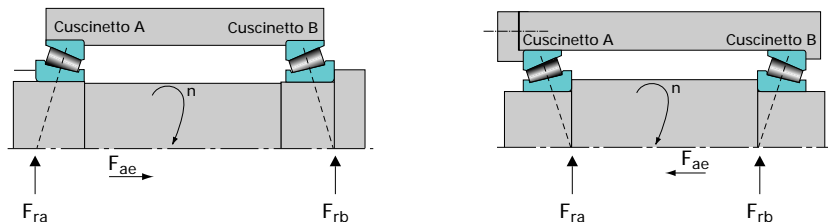



Fig. 3-52
Zona di carico di un cuscinetto

Nel caso di carichi combinati, per determinare la durata di un cuscinetto si dovrà determinare il carico radiale dinamico equivalente. Le formule presentate di seguito danno un buona approssimazione dei carichi radiali dinamici equivalenti. Un calcolo più esatto può essere fatto con l'utilizzo di programmi al calcolatore che prendono in considerazione certi parametri come le costanti elastiche del cuscinetto, la registrazione e le rigidezze dell'alloggia-mento.

Carico radiale ed assiale combinati

Schema (forza assiale esterna, F_{ae}, sul cuscinetto A)

Metodo ISO

Condizione assiale

$$\frac{0{,}5\ F_{rA}}{Y_A} \le \frac{0{,}5\ F_{rB}}{Y_B} + F_{ae}$$

Carico assiale sul cuscinetto

$$F_{aA} = \frac{0{,}5\ F_{rB}}{Y_B} + F_{ae}$$

$$F_{aB} = \frac{0{,}5\ F_{rB}}{Y_B}$$

Carico radiale dinamico equivalente

Cuscinetto A

- $P_A = F_{rA}$

  se $\frac{F_{aA}}{F_{rA}} \le e_A$,
- $P_A = 0{,}4\ F_{rA} + Y_A\ F_{aA}$

  se $\frac{F_{aA}}{F_{rA}} > e_A$,

Cuscinetto B

- $P_B = F_{rB}$

Condizione assiale

$$\frac{0{,}5\ F_{rA}}{Y_A} > \frac{0{,}5\ F_{rB}}{Y_B} + F_{ae}$$

Carico assiale sul cuscinetto

$$F_{aA} = \frac{0{,}5\ F_{rA}}{Y_A}$$

$$F_{aB} = \frac{0{,}5\ F_{rA}}{Y_A} - F_{ae}$$

Carico radiale dinamico equivalente

Cuscinetto A

- $P_A = F_{rA}$

Cuscinetto B

- $P_B = F_{rB}$

  se $\frac{F_{aB}}{F_{rB}} \le e_B$
- $P_B = 0{,}4\ F_{rB} + Y_B\ F_{aB}$

  se $\frac{F_{aB}}{F_{rB}} > e_B$,

Durata L_{10}

$$L_{10A} = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C_{1A}}{P_A}\right)^{10/3} \text{ (ore)}$$

$$L_{10B} = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C_{1B}}{P_B}\right)^{10/3} \text{ (ore)}$$

Metodo Timken

Condizione assiale

$$\frac{0{,}47\ F_{rA}}{K_A} \le \frac{0{,}47\ F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$$

Carico assiale sul cuscinetto

$$F_{aA} = \frac{0{,}47\ F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$$

$$F_{aB} = \frac{0{,}47\ F_{rB}}{K_B}$$

Carico radiale dinamico equivalente

Cuscinetto A

- $P_A = 0{,}4\ F_{rA} + K_A\ F_{aA}$

  se $P_A < F_{rA}$, $P_A = F_{rA}$

Cuscinetto B

- $P_B = F_{rB}$

Condizione assiale

$$\frac{0{,}47\ F_{rA}}{K_A} > \frac{0{,}47\ F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$$

Carico assiale sul cuscinetto

$$F_{aA} = \frac{0{,}47\ F_{rA}}{K_A}$$

$$F_{aB} = \frac{0{,}47\ F_{rA}}{K_A} - F_{ae}$$

Carico radiale dinamico equivalente

Cuscinetto A

- $P_A = F_{rA}$

Cuscinetto B

- $P_B = 0{,}4\ F_{rB} + K_B\ F_{aB}$

  se $P_B < F_{rB}$, $P_B = F_{rB}$

Durata L_{10}

$$L_{10A} = \left(\frac{C_{90A}}{P_A}\right)^{10/3} \times 3000 \times \frac{500}{n} \text{ (ore)}$$

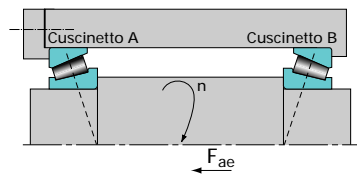
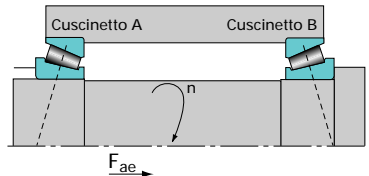
$$L_{10B} = \left(\frac{C_{90B}}{P_B}\right)^{10/3} \times 3000 \times \frac{500}{n} \text{ (ore)}$$

Fattori ISO 281

e	= 1,5 tan	α
Y	= 0,4 cot	α
Y_1	= 0,45 cot	α
Y_2	= 0,67 cot	α

3.2.3.2. Cuscinetti a due file

Solo carico assiale

Schema (forza assiale esterna, F_{ae}, sul cuscinetto A)

Metodo ISO

Condizione assiale

$F_{aA} = F_{ae}$
$F_{aB} = 0$

Carico assiale

$F_{aA} = F_{ae}$
$F_{aB} = 0$

Carico dinamico equivalente

$P_A = Y_A F_{aA}$
$P_B = 0$

Durata L_{10}

$$L_{10A} = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C_{1A}}{P_A}\right)^{10/3} \text{ ore}$$

$$L_{10B} = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C_{1B}}{P_B}\right)^{10/3} \text{ ore}$$

Metodo Timken

Condizione assiale

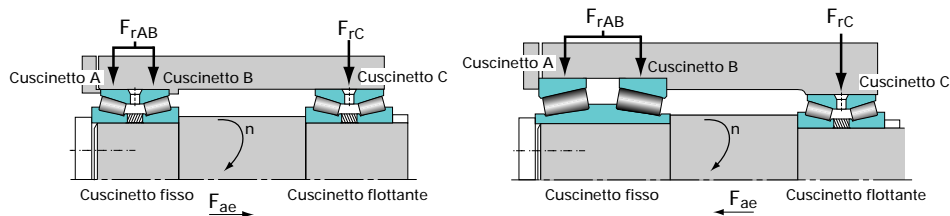
$F_{aA} = F_{ae}$
$F_{aB} = 0$

Carico assiale

$F_{aA} = F_{ae}$
$F_{aB} = 0$

Durata L_{10}

$$L_{10A} = \left(\frac{C_{a90A}}{F_{aA}}\right)^{10/3} \times 3000 \times \frac{500}{n} \text{ (ore)}$$

$$L_{10B} = \left(\frac{C_{a90B}}{F_{aB}}\right)^{10/3} \times 3000 \times \frac{500}{n} \text{ (ore)}$$

Metodo ISO

Condizione assiale

$$\frac{F_{ae}}{F_{rAB}} \leq e$$

Carico radiale dinamico equivalente

- $P_{AB} = F_{rAB} + Y_{1AB}\,F_{ae}$
- $P_C = F_{rC}$

Condizione assiale

$$\frac{F_{ae}}{F_{rAB}} > e$$

Carico radiale dinamico equivalente

- $P_{AB} = 0{,}67\,F_{rAB} + Y_{2AB}\,F_{ae}$
- $P_C = F_{rC}$

Durata L_{10}

$$L_{10AB} = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C_{1\,(2)}}{P_{AB}}\right)^{10/3} \text{(ore)}$$

$$L_{10C} = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C_{1\,(2)}}{P_C}\right)^{10/3} \text{(ore)}$$

Metodo Timken

Condizione assiale

$$F_{ae} > \frac{0{,}6\,F_{rAB}}{K_A}$$

Carico radiale dinamico equivalente

- $P_A = 0{,}4\,F_{rAB} + K_A\,F_{ae}$
- $P_B = 0$
- $P_C = F_{rC}$

Condizione assiale

$$F_{ae} \leq \frac{0{,}6\,F_{rAB}}{K_A}$$

Carico radiale dinamico equivalente

- $P_A = 0{,}5\,F_{rAB} + 0{,}83\,K_A\,F_{ae}$
- $P_B = 0{,}5\,F_{rAB} - 0{,}83\,K_A\,F_{ae}$
- $P_C = F_{rC}$

Durata L_{10}

$$L_{10A} = \left(\frac{C_{90A}}{P_A}\right)^{10/3} \times 3000 \times \frac{500}{n} \text{(ore)}$$

$$L_{10B} = \left(\frac{C_{90B}}{P_B}\right)^{10/3} \times 3000 \times \frac{500}{n} \text{(ore)}$$

$$L_{10C} = \left(\frac{C_{90(2)C}}{P_C}\right)^{10/3} \times 3000 \times \frac{500}{n} \text{(ore)}$$

$C_{90\,(2)}$ = capacità di carico radiale dinamica di un cuscinetto a 2 file di rulli

3.2.3.3. Cuscinetti a quattro ed a sei file

CARICO RADIALE PURO

In una situazione dove i carichi assiali sono troppo elevati è richiesto un cuscinetto assiale aggiuntivo per sopportare questo carico assiale, per cui il cuscinetto, a quattro file od a sei file, porterà solo carichi radiali. In questo caso il calcolo della durata viene fatto prendendo P uguale al carico radiale ed usando la capacità di carico radiale dinamica delle 4 o 6 file, che in realtà, definisce la durata del sistema di un cuscinetto assemblato. Si può anche avere una buona approssimazione nel calcolo della durata considerando un quarto od un sesto dei carichi radiali ed utilizzando la capacità radiale dinamica di una fila.

CARICHI RADIALI ED ASSIALI COMBINATI

Quando non si utilizzano cuscinetti reggispinta assiali aggiuntivi, consideriamo che la durata del cuscinetto, a quattro o sei file di rulli, sia quasi uguale alla durata della coppia di file di rulli più caricata. Per cui ci si riferisce al calcolo di durata di un cuscinetto a due file.

caso con 4 file :

Dovute alle tolleranze di produzione dei cuscinetti, consideriamo che per un cuscinetto a quattro file di rulli il carico radiale sia equamente distribuito tra ciascuna coppia di file e che il carico assiale sia diviso il 40 % su una coppia ed il 60 % sull'altra coppia. La coppia più caricata prende in questo caso il 50 % del carico radiale ed il 60 % del carico assiale.

caso con 6 file :

Consideriamo che il carico radiale sia equamente distribuito tra ciascuna coppia di file di rulli e che una delle 3 coppie prenda il 40 % del carico assiale e le altre 2 il 30 % ciascuna. La fila più caricata prende quindi il 33 % del carico radiale ed il 40 % del carico assiale (Fig. 3-53).

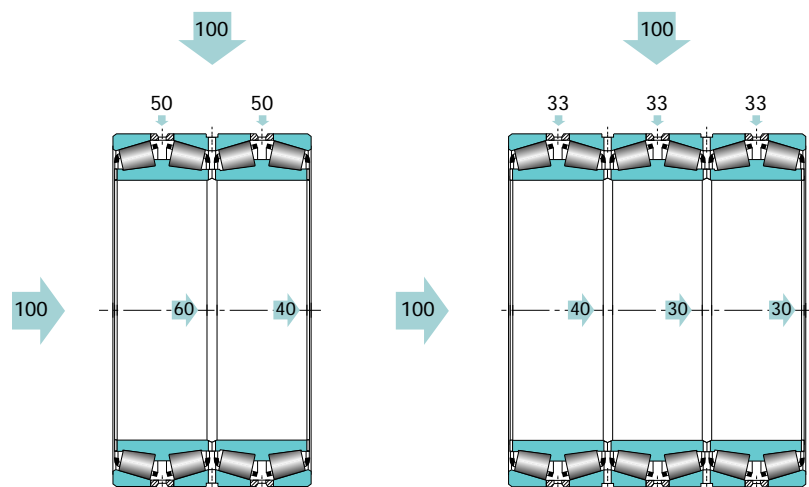



Fig. 3-53
L'esempio mostra coppie a montaggio diretto (TQO, 3TDIW...), lo stesso si applicherà a coppie a montaggio indiretto (TQITS)

3.2.3.4. Calcolo della durata con ciclo di carico

Gli impianti di laminazione non lavorano mai in una sola condizione definita. Per cui è necessario calcolare la durata dei cuscinetti con diversi carichi/velocità/tempi e riassumere i risultati in una durata media ponderata, “ L_{10wt}”. Una volta definito il ciclo di carico (carichi, velocità e percentuale di tempo), la durata media ponderata L_{10} si ottiene come mostrato a sinistra :

$$L_{10wt} = \frac{100}{\frac{T_1}{L_{10(1)}} + \frac{T_2}{L_{10(2)}} + \ldots + \frac{T_n}{L_{10(n)}}}$$

dove :

n = numero di condizioni di carico

T = percentuale del tempo totale del ciclo di carico

$L_{10(i)}$ = durata L_{10} per ciascuna condizione

L_{10wt} = durata media ponderata del cuscinetto

3.2.3.5. Equipaggiamenti a bassa velocità

In alcune applicazioni come le colate continue, per esempio, la velocità di rotazione è molto lenta (da 1 a 5 G/min). Inoltre in questi tipi di applicazioni i carichi sono generalmente molto elevati. Perciò, la durata calcolata dei cuscinetti non fornisce indicazioni corrette.

In questi casi calcoliamo il profilo di sollecitazione di contatto tra il rullo e le piste con il nostro programma Select-A-Nalysis. Se la sollecitazione massima è superiore a 2750 Mpa (o 400 ksi), si dovrà prevedere un cuscinetto con una geometria interna modificata. Questa geometria bilancerà meglio la sollecitazione lungo la linea di contatto (Fig. 3-53).

Una indicazione pratica che può essere usata per stabilire se è necessario un profilo modificato è il calcolo del fattore P/C_{90}. Se questo fattore è maggiore di 3, allora può essere necessario il profilo modificato. In casi simili, si suggerisce di contattare la Società Timken per una analisi più dettagliata. Da notare che questi cuscinetti sono generalmente forniti con rulli pieni (gabbia stampata, gabbia a perni con perni esterni ai rulli e senza gabbia).

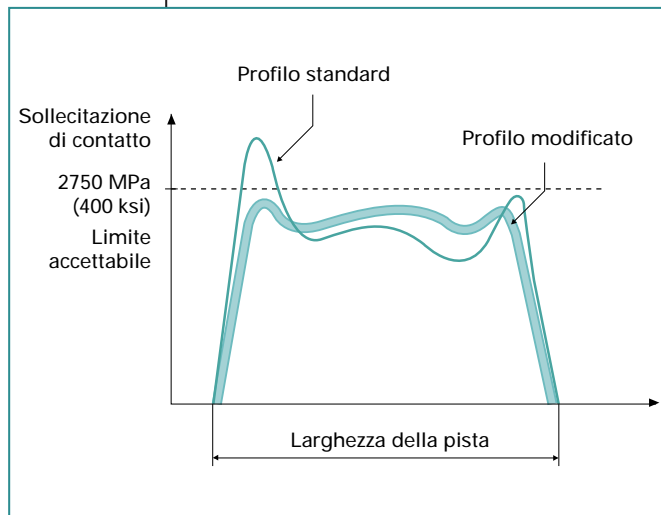



Fig. 3-54
Distribuzione della sollecitazione lungo le piste di rotolamento

3.2.4. Influenza della registrazione

Con i continui miglioramenti nei nostri strumenti di analisi della durata, possiamo ora predire più accuratamente una “vera” durata del cuscinetto poiché consideriamo i fattori ambientali critici che influenzano le prestazioni delle vostre applicazioni. Questi fattori devono essere considerati attentamente nel processo di selezione del cuscinetto.

Il calcolo di durata L_{10} mostrato precedentemente è basato su una zona di carico di 150 gradi e un disassamento inferiore a 0,0005 radianti.

La zona di carico, che ha un’influenza diretta sulla durata del cuscinetto, è direttamente collegata al gioco/precarico nel cuscinetto (un gioco zero è equivalente a 180 gradi di zona di carico). La regolazione di questo gioco / precarico e di conseguenza della zona di carico è definito “registrazione del cuscinetto”. La maggior parte dei nostri cuscinetti (2 file o più) sono assemblaggi preregistrati, essendo la registrazione generalmente ottenuta attraverso distanziali. Per cuscinetti a singola fila si deve ottenere la registrazione corretta utilizzando per esempio degli spessori.

Registrazione a cuscinetti montati
+
Effetto della temperatura (< 0 o > 0)
+
Deformazione elastica nelle piste dei cuscinetti

= Registrazione operativa

Poiché non è possibile misurare la registrazione in condizioni operative, una pratica comune è di calcolare la registrazione in funzionamento prendendo in considerazione la registrazione iniziale al banco, le interferenze di accoppiamento e la dilatazione termica nel sistema.

Generalmente la massima durata si ottiene quando il cuscinetto funziona in leggero precarico (Fig. 3-55).

I cuscinetti assemblati sono abitualmente registrati con gioco, così che quando l’unità raggiunge la temperatura operativa stabilizzata, la registrazione finale del cuscinetto sia il più vicino possibile al valore desiderato.

Per mostrare l’influenza del gioco o precarico sulla durata di un cuscinetto si può effettuare una analisi al calcolatore.

Fig. 3-55
Durata del cuscinetto in funzione della registrazione

3.2.4.1. Influenza degli accoppiamenti sulla registrazione

La regola generale consiste nel montare forzati gli elementi rotanti mentre quelli stazionari possono essere montati sia forzati che liberi in funzione del disegno dell'applicazione. Tuttavia, per cuscinetti ad alesaggio cilindrico per cilindri di lavoro, poiché noi suggeriamo coni e coppe montati liberi, il gioco al banco non è influenzato dopo il montaggio. Per cuscinetti con accoppiamento forzato sull'albero e/o nell'alloggiamento, la perdita di gioco si determina usando la formula seguente :

Effetti dell'accoppiamento (una fila)

Anello interno montato su un albero pieno :

$$\text{Perdita di Gioco} = 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left(\frac{d}{d_o}\right)\delta_S$$

Anello interno montato su un albero cavo o bussola :

$$\text{Perdita di Gioco} = 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left(\frac{d}{d_o}\right)\left[\frac{1-\left(\frac{d_S}{d}\right)^2}{1-\left(\frac{d_S}{d_O}\right)^2}\right]\delta_H$$

Anello esterno montato in un alloggiamento a spessore sottile :

$$\text{Perdita di Gioco} = 0{,}5 \left(\frac{K}{0{,}39}\right)\left(\frac{d_o}{D}\right)\left[\frac{1-\left(\frac{D}{D_H}\right)^2}{1-\left(\frac{D_O}{D_H}\right)^2}\right]\delta_H$$

Nota : queste formule si applicano solo ad alberi ed alloggiamenti in materiale ferroso.

Queste formule possono essere usate nel caso di configurazioni semplici di albero ed alloggiamento. In quei casi dove il cuscinetto è montato in una bussola con sezione variabile, il calcolo è più complesso, per cui suggeriamo di contattare la Società Timken.

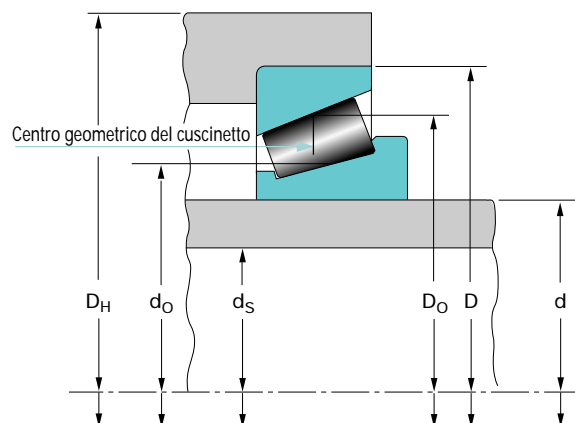



Fig. 3-56
Fattori con effetti sugli accoppiamenti

Per applicazioni ad alta velocità dove si richiede una registrazione molto accurata (aspi avvolgitori veloci, riduttori di laminatoi,...), l'adattamento dello spessore del distanziale e di conseguenza la registrazione, può essere fatta dopo aver misurato le dimensioni delle superfici che saranno a contatto. Ciò elimina l'influenza della tolleranza degli accoppiamenti forzati sulla registrazione.

δ_S = interferenza di montaggio dell'anello interno sull'albero
δ_H = interferenza di montaggio dell'anello esterno nell'alloggiamento
K = fattore K del cuscinetto
d = alesaggio del cuscinetto
d_O = diametro medio della pista interna
D = diametro esterno del cuscinetto
D_O = diametro medio della pista esterna
d_S = diametro interno dell'albero
D_H = diametro esterno dell'alloggiamento

Nel caso di cuscinetti ad alesaggio conico, l'accoppiamento forzato è ben controllato (inferiore al 3 % dell'interferenza totale per cuscinetti di grosse dimensioni. Rif. capitolo 3.1.1.4.) e perciò la perdita di gioco dovuta all'accoppiamento forzato può essere calcolata con una tolleranza molto stretta. Se il numero di cuscinetti da registrare è abbastanza elevato, sono disponibili altre tecniche (come campi di tolleranze ridotti) tali da evitare la messa a misura del singolo distanziale.

3.2.4.2. Influenza della temperatura sulla registrazione

Anche se un cuscinetto è correttamente montato, si deve considerare la condizione a regime quando il sistema ha raggiunto la sua temperatura di funzionamento.

Per applicazioni ad alta velocità ed in funzione della lubrificazione è importante determinare con precisione il gradiente di temperatura previsto in modo da calcolare la perdita di gioco. Questo gradiente, basato sulla nostra esperienza, varia notevolmente da una applicazione all'altra.

Quando il gradiente di temperatura tra cono e coppa è noto, la perdita di gioco si determina nel modo seguente :

$$\text{Perdita di Gioco} = \alpha \times \delta T \left[\frac{K_1 \times D_{01}}{(0{,}39 \times 2)} + \frac{K_2 \times D_{02}}{(0{,}39 \times 2)} \pm L \right]$$

α = coefficiente di dilatazione termica
(11×10^{-6} / °C per alberi ed alloggiamenti in materiale ferroso)

D_{01} = diametro medio della pista esterna della fila 1

D_{02} = diametro medio della pista esterna della fila 2

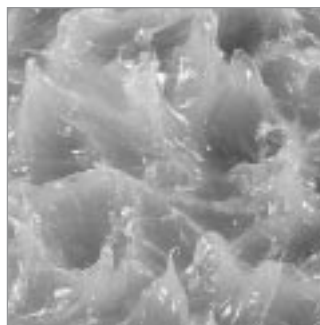
K_1 = fattore K della fila 1

K_2 = fattore K della fila 2

δT = gradiente di temperatura tra albero ed alloggiamento in °C

L = distanza tra i centri geometrici dei cuscinetti in mm
utilizzare valori positivi per il montaggio diretto
e valori negativi per il montaggio indiretto

3.2.5. Influenza della lubrificazione

La lubrificazione è un fattore molto importante nella durata dei cuscinetti. La durata è direttamente collegata allo spessore del film di lubrificante. Tale spessore dipende dalla viscosità del lubrificante, dalla temperatura di funzionamento, dal carico, dalla velocità e dalla finitura superficiale del cuscinetto. La Società Timken ha sviluppato una teoria che corregge la durata del cuscinetto in funzione del tipo di lubrificazione calcolando il "fattore lubrificante".

Questo fattore è maggiormente utilizzato quando si calcolano applicazioni diverse dai cuscinetti per cilindri di laminatoi. Tuttavia, in applicazioni di cilindri di laminatoi, calcoliamo lo spessore del film per selezionare il lubrificante più adatto alle condizioni di funzionamento. Dobbiamo anche considerare l'entrata di contaminanti che possono essere dannosi alle funzioni del lubrificante (un buon sistema di tenute risulta perciò importante).

Per applicazioni di carattere più generale come riduttori o equipaggiamenti diversi nell'ambito del laminatoio, questo fattore può essere molto utile e fornisce un metodo eccellente per calcolare la durata dei cuscinetti considerando allo stesso tempo lubrificazione, finitura superficiale e, quindi, spessore del film lubrificante. Ciò permette a volte di selezionare un cuscinetto di minori dimensioni. In questo caso, si consiglia di far riferimento al "Manuale Tecnico" Timken.

3.2.6. Influenza del fattore del materiale

La qualità dell'acciaio usato per i cuscinetti è molto importante. In condizioni di sollecitazioni ripetute, le inclusioni non metalliche avviano il processo di scagliatura dal quale si sviluppa la scagliatura a fatica.

La Società Timken, che sviluppa e produce il proprio acciaio, ha enormemente aumentato la sua qualità negli anni. La Fig. 3-57 mostra la riduzione in dimensioni e numero di queste inclusioni negli anni e la loro influenza sulla durata.

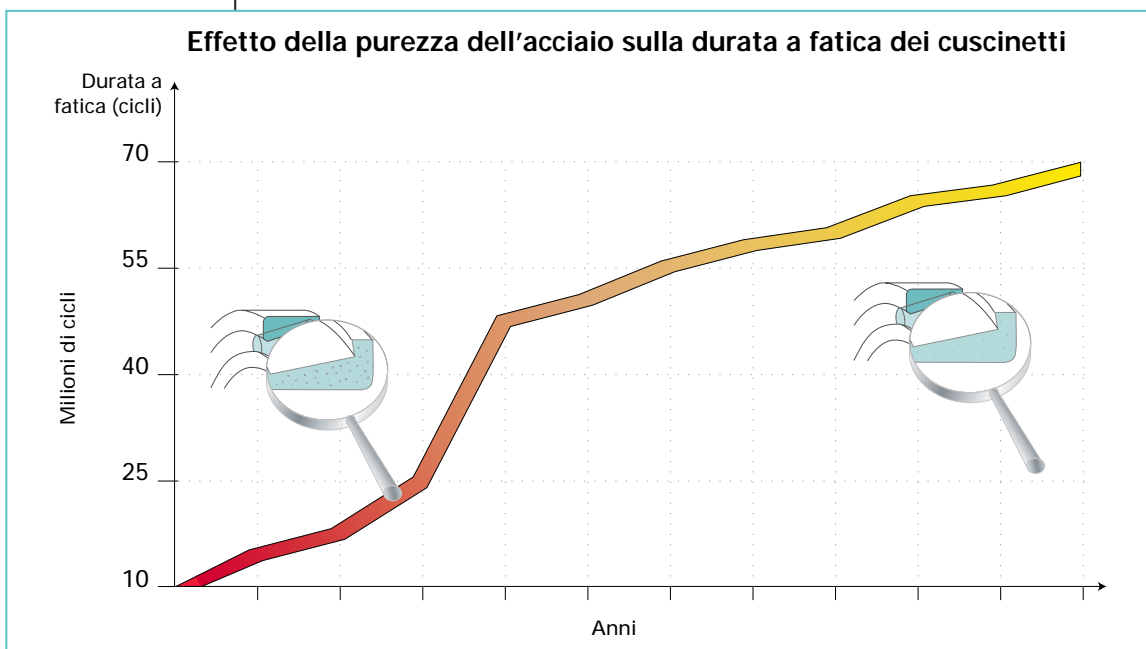



Fig. 3-57

La nostra formula della durata considera questo miglioramento del materiale attraverso la variazione del nostro fattore di qualità dell'acciaio "a_2". Per cuscinetti Timken, prodotti con acciaio legato di qualità, o al carbonio, da fornaci elettriche, raffinato in siviera, si utilizza un fattore conservativo pari ad 1.

I cuscinetti possono anche essere prodotti con acciaio fuso sottovuoto ad elettrodo consumabile (CEVM), acciaio rifuso ad arco sottovuoto (VAR) o rifuso elettricamente sotto scoria protettiva (ESR). Questi acciai "premium" contenenti un minor numero e più piccole inclusioni contaminanti, forniscono il beneficio di una prolungata durata a fatica dei cuscinetti dove questa è limitata da inclusioni non metalliche. In questo caso, la durata a fatica può essere a volte aumentata di un fattore pari a 3.

3.3. Analisi agli Elementi Finiti (FEA)

Basata sulla sua lunga esperienza nel calcolo dei cuscinetti, la Società Timken ha sviluppato diversi strumenti che portano a calcoli di durata più accurati e che prendono in considerazione l'ambiente in cui lavora del cuscinetto. Un nuovo strumento di calcolo chiamato N-SYS fornisce un'analisi agli elementi finiti dell'albero e definisce le costanti elastiche per ciascun cuscinetto. Questo programma calcola i cedimenti e la durata del cuscinetto.

Per risultati più esatti, possiamo anche effettuare un'analisi agli elementivfiniti sull'alloggiamento del cuscinetto. La guarnitura viene divisa in molti elementi ed il suo comportamento e le sollecitazioni risultanti vengono determinate in diverse condizioni di carico.

Da qui si calcolano le deformazioni e si stabiliscono gli effetti sulla durata del cuscinetto. In alcuni casi tale analisi mostra che anche con notevoli deformazioni della guarnitura, la durata del cuscinetto può essere superiore alla durata inizialmente prevista per una migliore distribuzione dei carichi e quindi della zona di carico del cuscinetto. Tuttavia, tale analisi non è condotta per ogni calcolo di cuscinetti ma è limitata alle applicazioni critiche. Per maggiori informazioni sull'Analisi agli Elementi Finiti, si suggerisce di contattare la Società Timken.

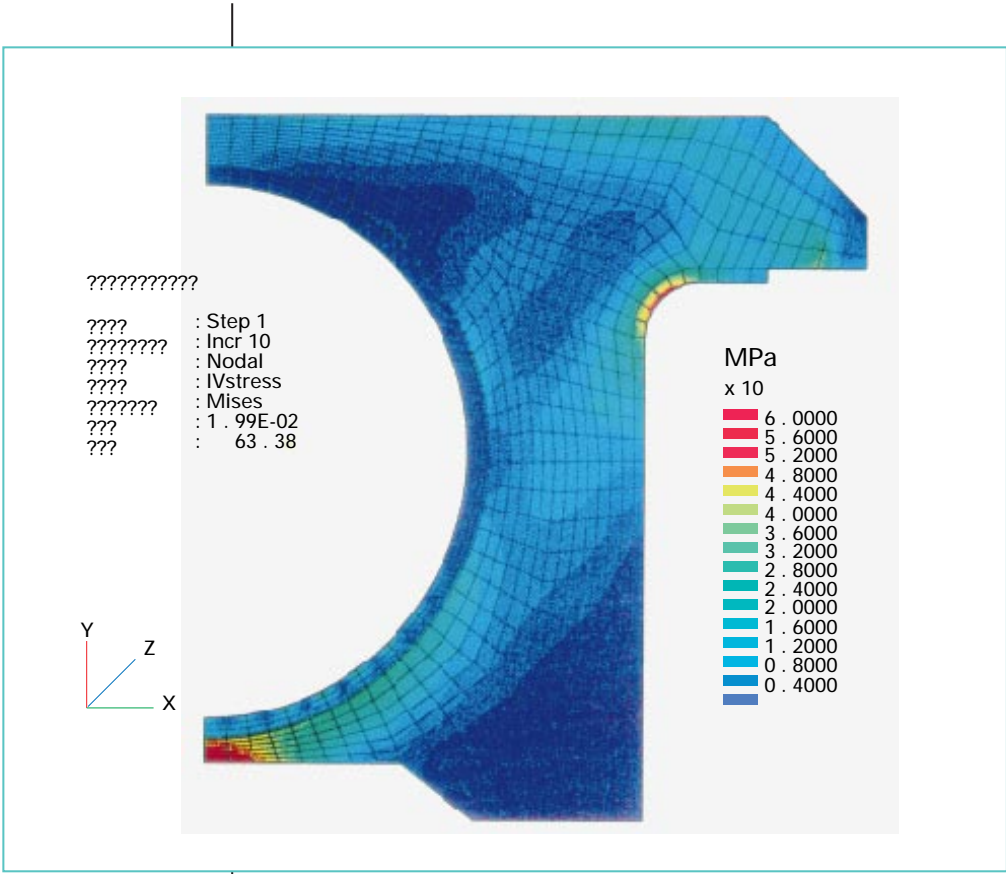



Fig. 3-58 Sollecitazioni di Von Mises agli elementi finiti

Fig. 3-59 Deformazioni agli elementi finiti

4. Lubrificazione e tenute

4.1. Lubrificazione

Una lubrificazione adeguata è essenziale per ottenere ottime prestazioni dai vostri cuscinetti a rulli conici e per ottenere, quindi, la durata prestabilita. Per avere una lubrificazione efficiente si devono considerare : il lubrificante stesso con le corrette proprietà fisiche e chimiche, una quantità appropriata di lubrificante ed il modo di inviarla al cuscinetto. Di primaria importanza è il contatto tra la base del rullo ed la superficie del bordino.

La durata del vostro cuscinetto può variare sostanzialmente in funzione di come questo contatto è lubrificato. Nella applicazioni dei colli dei cilindri, la presenza di acqua e soluzioni di laminazione rendono questa lubrificazione ancor più critica.

4.1.1. Funzioni fondamentali del lubrificante

Un lubrificante per cuscinetti deve soddisfare tre requisiti fondamentali :

- Ridurre l’attrito e l’usura separando le superfici adiacenti e limitando il contatto metallo con metallo,
- Asportare il calore dal cuscinetto (con lubrificazione ad olio),
- Proteggere il cuscinetto dalla corrosione e dallo sporco,

Queste funzioni comprendono le caratteristiche del lubrificante e lo spessore del film generatovsulle piste (prodotto dagli effetti elastoidrodinamici) e sul contatto rullo/bordino.

4.1.1.1. Lubrificazione elastoidrodinamica

La lubrificazione può essere definita come il controllo dell'attrito e dell'usura tra superfici adiacenti del cuscinetto grazie allo sviluppo di un film di lubrificante tra le stesse.
La formazione di un sottile film elastoidrodinamico (EHD) di lubrificante tra le superfici adiacenti dipende dalla deformazione elastica di queste superfici e dalle proprietà idrodinamiche del lubrificante stesso.

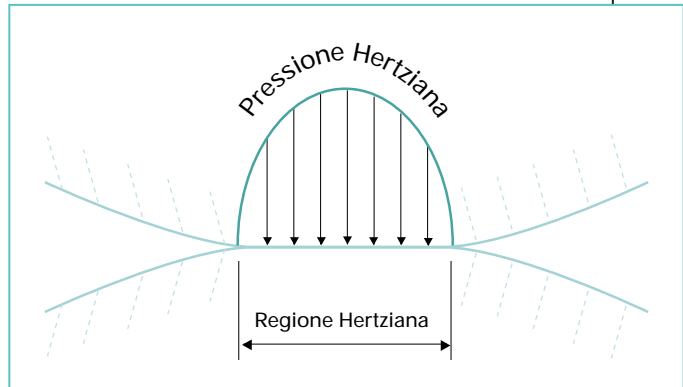



Fig. 4-1
Distribuzione della pressione sull'area di contatto

Quando si applica un carico ad un cuscinetto, le superfici del rullo e della pista si deformano elasticamente e sono in contatto in un'area definita. Il contatto tra due corpi elastici - contatto Hertziano - provoca un innalzamento nella distribuzione della pressione nella zona di contatto con il massimo della pressione hertziana al centro come mostrato in Fig. 4-1. Un valore massimo tipico della pressione Hertziana nei componenti rotanti dei cuscinetti, caricati alla loro capacità, può superare i 1400 Mpa. Le pressioni idrodinamiche del fluido sono generate nella zona di ingresso appena prima della zona di deformazione Hertziana (Fig. 4-2).

Nella zona di contatto, la pressione idrodinamica del fluido cerca di separare le due superfici, mentre il carico cerca di spingerle in contatto. L'elevata pressione di contatto nella zona di ingresso produce una rapida crescita della viscosità che genera pressioni idrodinamiche del film sufficientemente elevate da separare le due superfici. All'interno della zona di contatto, la pressione del lubrificante può salire al punto che il fluido può comportarsi come un pseudo solido. L'effetto della pressione elevata sulla viscosità crescente non è uniforme per tutti i lubrificanti e dipende dalle caratteristiche pressione-viscosità del fluido considerato.

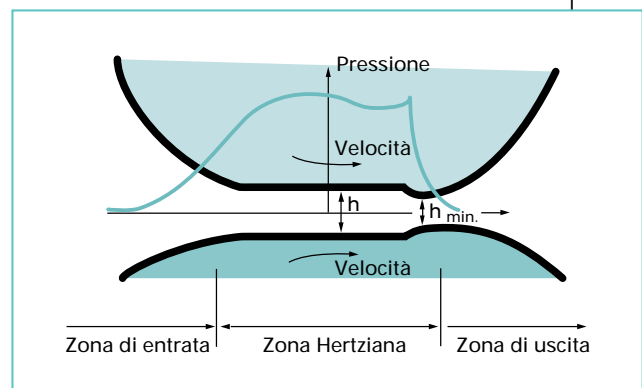



Fig. 4-2
La pressione idrodinamica del fluido separa le superfici in contatto

4.1.1.2. Spessore del film sulle piste

L'importanza del meccanismo della lubrificazione elastoidrodinamica sta nel fatto che lo spessore del film lubrificante tra i due contatti è legato alle prestazioni del cuscinetto. Lo spessore del film generato dipende dalle condizioni operative quali :

- Velocità superficiale,
- Carichi,
- Viscosità del lubrificante,
- Relazione pressione/viscosità.

Le seguenti relazioni analitiche sono state sviluppate per calcolare lo spessore minimo e medio del film :

Spessore minimo del film (formula di Dowson) :

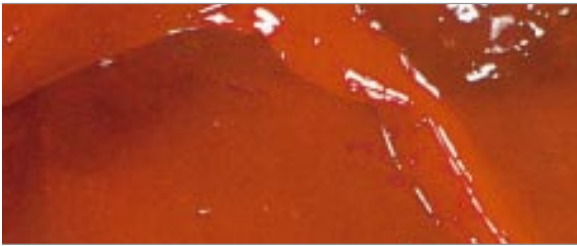
$$h_{min} = 2,65 \times (\mu \times V)^{0,7} \times \alpha^{0,54} \times W^{-0,13} \times R^{0,43} \times E'^{-0,03}$$

Spessore medio del film (formula di Grubin) :

$$h = 1,95 \times \left(\frac{E'}{W}\right)^{0,091} \times R^{0,364} \times (\alpha \times \mu \times V)^{0,727}$$

dove :

h, h_{min}	=	spessore del film medio e minimo	m
μ	=	viscosità del lubrificante	Ns/m²
V	=	velocità relativa delle superfici	m/s
α	=	coefficiente pressione / viscosità del lubrificante ($2,2 \times 10^{-8}$ m²/N è un valore usuale)	
W	=	carico per unità di lunghezza	N/m
R	=	$\frac{1}{1/R_1 + 1/R_2}$, R_1, R_2 raggio di curvatura della superficie	m
E'	=	modulo di Young ridotto. $E' = 2,2 \times 10^{11}$ per acciaio su acciaio	

I principali fattori influenzanti lo spessore del film di lubrificante sono la viscosità e la velocità in condizioni operative, mentre il carico ha un'influenza minore. Lo spessore del film EHD generato è generalmente abbastanza piccolo - abitualmente alcuni decimi di micron. Questi sottili film EHD sono spesso solo leggermente superiori all'altezza delle singole asperità dovute alla rugosità delle due superfici in contatto. Quando le superfici non sono completamente separate, il film EHD permette che in zone limitate ci siano asperità in contatto, particolarmente vulnerabili per l'avvio di fatica superficiale.

La durata a fatica di un cuscinetto è legata in modo complesso a: velocità, carico, lubrificante, temperatura, registrazione e disassamento. Il ruolo del lubrificante in questa interazione è principalmente determinato da: velocità, viscosità e temperatura; l'effetto di questi fattori sulla durata del cuscinetto può essere determinante. Per esempio, in un programma di prova, Fig. 4-3a, due gruppi di cuscinetti di prova sono stati sottoposti a condizioni di carico e velocità costante. Variando la temperatura di funzionamento, la gradazione del lubrificante, e quindi la sua viscosità in funzionamento, si sono ottenuti spessori diversi del film. La durata si è ridotta enormemente alle temperature più alte, con viscosità più bassa e spessori del film risultanti più sottili.

Gruppo di Prova	Temperatura °C	Temperatura °F	Visc. @ temp. di prova mm²/sec (cSt)	Film EHD (h_{min}) µm	Durata %
A - 1	135	275	2,0	0,038	13 - 19
A - 2	66	150	19,4	0,264	100

Fig. 4-3a
Durata relativa a fatica del cuscinetto in funzione dello spessore del film EHD

Gruppo di Prova	Velocità G/min	Film EHD (h_{min}) µm	Life %
B - 1	3600	0,102	100
B - 2	600	0,028	40

Fig. 4-3b
Durata relativa a fatica del cuscinetto in funzione dello spessore del film EHD.
(Velocità variabile - temperatura costante)

In un’altra ricerca, Fig. 4-3b, la viscosità ed il carico sono stati mantenuti costanti ma è stata variata la velocità. I risultati ottenuti sono stati simili a quelli di Fig. 4-3a. Velocità più alte producono spessori del film più consistenti e maggiori durate.

La scelta del lubrificante corretto per ogni applicazione richiede uno studio attento delle condizioni di funzionamento e delle condizioni ambientali. Altri suggerimenti si possono trovare nel “Manuale Tecnico” Timken.

4.1.1.3. Spessore del film sul contatto rullo / bordino

Per assicurare buone prestazioni del cuscinetto, la zona di contatto tra la base del rullo ed il bordino del cono deve essere separata da uno spessore adeguato del film. Anche se le sollecitazioni di contatto in questa zona del rullo e del bordino sono decisamente inferiori di quelle sviluppate sulle piste del cuscinetto, ci sono applicazioni in cui il film di lubrificante nella zona di contatto rullo/bordino può essere insufficiente per evitare il contatto delle asperità. Se questo è notevole, si possono avere come risultato delle abrasioni o saldature delle asperità. Quando si prevedono delle condizioni di funzionamento difficili, l’utilizzo d un lubrificante con additivi estrema pressione (EP) può aiutare a prevenire i danneggiamenti da abrasioni nella zona di contatto rullo/bordino. Gli additivi EP componenti chimici complessi che, quando attivati da alte temperature localizzate, formano un film a bassa resistenza al taglio nella zona di contatto in grado di prevenire le abrasioni.

4.1.1.4. Limiti di velocità - Indicazioni

Il modo abituale di misurare la velocità di un cuscinetto a rulli conici è la velocità circonferenziale del diametro medio del bordino (Fig. 4-4) e questa può essere calcolata come :

Velocità al bordino :

$$V_r = \frac{\pi D_m n}{60\,000} \quad (m/s)$$

dove :

D_m	= diametro della zona di contatto del bordino dell'anello interno	mm
n	= velocità di rotazione	G/min

Il diametro del bordino dell'anello interno può essere rilevato da un disegno in scala del cuscinetto o approssimato come valore medio fra il diametro interno ed il diametro esterno del cuscinetto.

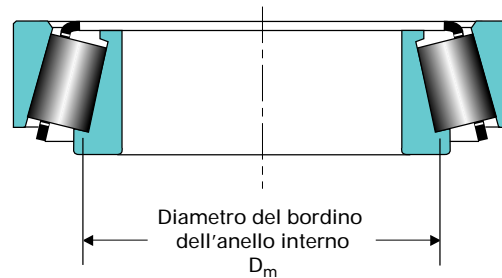



Fig. 4-4

La Fig. 4-5 riporta un sommario dei suggerimenti relativi a velocità e temperature. Non ci sono limiti di velocità ben definiti per i cuscinetti a rulli conici che non siano in relazione alla configurazione del cuscinetto od al sistema di lubrificazione. La Società Timken consiglia di effettuare delle prove per tutte le nuove applicazioni ad alta velocità.

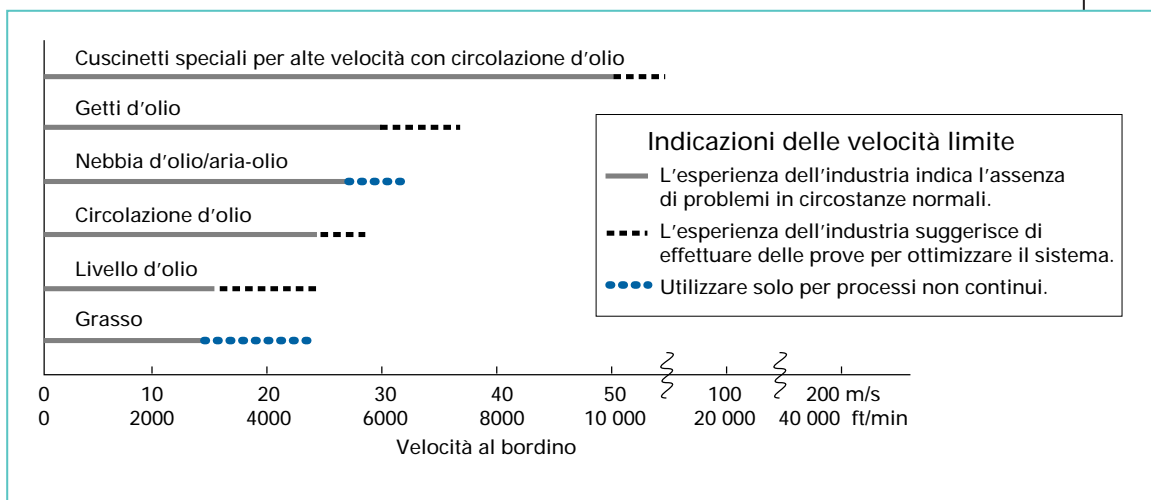



Fig. 4-5
Indicazioni delle velocità limite per i diversi sistemi di lubrificazione

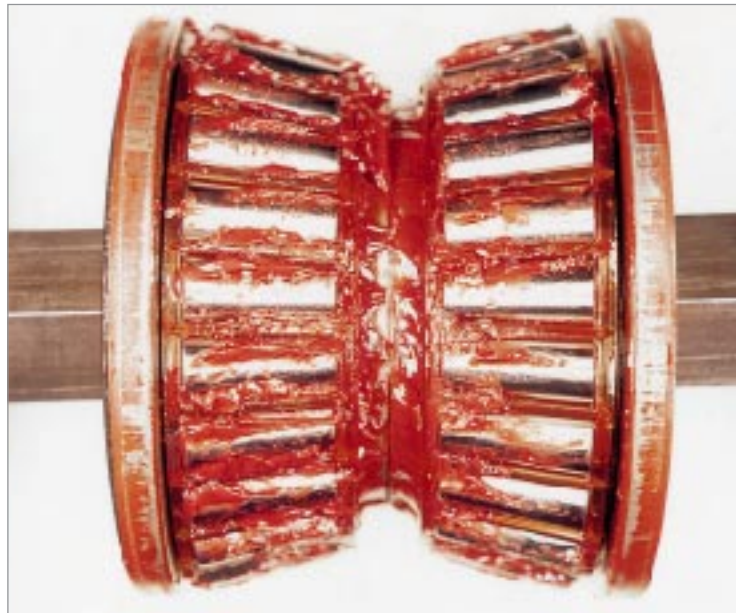
4.1.2. Lubrificazione a grasso

Il grasso è un prodotto semi-solido ottenuto dalla dispersione di un agente addensante in un liquido lubrificante. Le proprietà del grasso sono perciò legate alla natura dell'agente indurente ed a quelle del liquido lubrificante. Molti tipi di grasso contengono anche additivi in modo da ottenere caratteristiche specifiche (resistenti all'acqua, antiossidanti, caratteristiche estrema pressione, ecc.).

Il grasso è una buona soluzione per problemi di lubrificazione, i vantaggi principali sono :

- Sistemi di lubrificazione semplificati,
- Effetto "tenuta",
- Perdite limitate in confronto ad altri tipi di lubrificanti,
- Buona protezione contro la corrosione anche in condizioni di non funzionamento.

Tuttavia, utilizzando grasso, i cuscinetti non dissipano calore come avviene con la lubrificazione ad olio. Il cuscinetto è più difficile da pulire ed il grasso può, a volte, catturare particelle contaminanti che sono dannose al cuscinetto.

Esistono diversi tipi di grasso, legati al tipo di addensante e all'olio di base. Il parametro più importante per selezionare il grasso correttamente è lo spessore del film elastoidrodinamico in condizioni operative. Questo spessore del film è direttamente collegato alla viscosità dell'olio di base.

4.1.2.1. Gabbie di laminazione ed equipaggiamento molto caricato

Tipo di grasso

Gli equipaggiamenti per laminatoi lubrificati a grasso, i colli dei cilindri e le macchine ausiliarie come tavole a rulli, possono essere lubrificati con quello che viene definito normalmente un grasso EP per laminatoi. Per la natura degli impianti di laminazione, il grasso deve essere un prodotto per impieghi pesanti capace di sopportare carichi pesanti con sovraccarichi ed urti.

Caratteristiche suggerite dei grassi EP per laminatoi

Tipo di sapone :	Litio, calcio, zolfo, o equivalente
Consistenza :	NLGI N° 1 o N° 2
Additivi :	Inibitori di corrosione e ossidazione Additivi Estrema Pressione (EP)* - 15,8 kg min. di carico Timken "OK"
Olio di base :	Olio minerale raffinato od olio sintetico
Viscosità dell'olio : di base (a 40 °C)	da 320 a 460 cSt (contattare la Società Timken per applicazioni critiche)
Indice di viscosità :	80 minimo
Punto di scorrimento :	–10 °C massimo

*ASTM D2509

Il grasso EP per laminatoi non dovrebbe contenere componenti corrosivi o abrasivi per i cuscinetti a rulli conici o per il materiale delle tenute. Il grasso dovrebbe avere una eccellente stabilità meccanica e chimica, non dovrebbe emulsionare o essere lavato via facilmente in presenza di acqua o di altri liquidi di laminazione.

Esso dovrebbe contenere inibitori per fornire una lunga protezione contro l'ossidazione del grasso in applicazioni ad alte temperature, e proteggere i cuscinetti dalla corrosione in presenza di umidità. Il grasso dovrebbe anche contenere additivi estrema pressione (EP) per prevenire le abrasioni in difficili condizioni di utilizzo.

Quantità di grasso richiesto

Per evitare produzione di calore, il cuscinetto non deve essere troppo riempito di grasso. La quantità di grasso richiesta è basata sul volume libero nel cuscinetto calcolato come segue :

$$V = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)(T) - \frac{M}{A}$$

dove :

V	= volume libero nel cuscinetto	(cm^3)
D	= diametro esterno del cuscinetto	(cm)
d	= alesaggio	(cm)
T	= larghezza totale	(cm)
M	= peso del cuscinetto	(kg)
A	= densità media dell'acciaio 7.8×10^{-3}	kg/cm^3

In funzione dell'applicazione (velocità, ecc...), suggeriamo di riempire il cuscinetto con una quantità pari a :

1/3 a 1/2 di V per grassi minerali convenzionali

Per determinare il peso di grasso corrispondente si può utilizzare una densità approssimativa di 0,9 g/cm^3.

Il grasso dovrebbe essere distribuito tra i rulli e la gabbia, forzandolo sotto la gabbia generalmente dal lato diametro maggiore dei rulli.

Cicli di reingrassaggio

Si deve prestare un'attenzione particolare al reingrassaggio del cuscinetto. Infatti, l'eccesso di grasso genera troppo calore che può danneggiare il cuscinetto. Dopo il primo riempimento di grasso, i parametri che determinano il reingrassaggio sono : temperatura (più elevata è la temperatura più rapida sarà l'ossidazione del grasso), efficienza delle tenute ed inquinamento. Non è possibile fornire una regola generale per il reingrassaggio poichè questo dipende dall'efficienza del sistema di tenute e dovrà, quindi, essere basato sull'esperienza. Tuttavia, per cuscinetti con tenute dei cilindri di lavoro è consuetudine normale reingrassare ad ogni ispezione del cuscinetto (circa 500-1000 ore).

Limiti di velocità

La Società Timken generalmente non suggerisce una lubrificazione a grasso per velocità al bordino superiori a 20 m/s in applicazioni su colli cilindro. Questo valore relativamente elevato per lubrificazione a grasso è possibile per un tipo di funzionamento non continuo.

4.1.2.2. Altri equipaggiamenti

Suggeriamo l'utilizzo di un grasso industriale per applicazioni generiche :

Caratteristiche suggerite dei grassi per impiego industriale generico

Tipo di sapone :	LLitio 12-idrossido stearato o equivalente
Consistenza :	NLGI N° 2
Additivi :	Inibitori di corrosione e ossidazione
Olio di base :	Olio minerale raffinato
Viscosità dell'olio : di base (at 40°C)	da 100 a 320 cSt
Indice di viscosità :	80 minimo
Punto di scorrimento :	–10 °C massimo

La viscosità dell'olio di base suggerito copre un campo sufficientemente ampio. Prodotti con viscosità inferiore possono essere utilizzati in applicazioni ad alte velocità o leggermente caricati per minimizzare la produzione di calore e la coppia. Prodotti con viscosità superiore possono essere utilizzati in applicazioni con velocità medio-basse e in condizioni di carico pesante per massimizzare lo spessore del film d'olio.

Il grasso è principalmente usato per velocità moderate e, in genere, non deve essere utilizzato oltre i 13 m/s di velocità al bordino.

4.1.3. Lubrificazione ad olio

Ci sono tre tipi diversi di sistemi di lubrificazione ad olio utilizzati nella maggior parte di applicazioni di cuscinetti Timken. La scelta di un sistema particolare è generalmente basata su valutazioni termiche o sulla capacità del sistema di evacuare il calore generato dal cuscinetto e/o dal sistema di ingranaggi nell'applicazione.

4.1.3.1. A bagno d'olio

Di tutti i sistemi di lubrificazione ad olio, quello a bagno d'olio è certamente il più semplice ma anche la soluzione più limitata in termini di velocità, per la sua limitata capacità di smaltire il calore. Esso è usato solamente per velocità basse o moderate non superiori a 18 m/s di velocità al bordino.

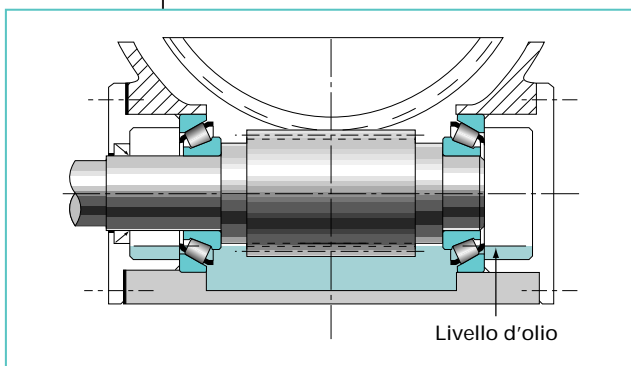
Questo sistema di lubrificazione si trova nei riduttori, gabbie pignone, aspi avvolgitori...

I cuscinetti sono in questo caso parzialmente sommersi in un serbatoio statico di olio come mostrato in Fig. 4-6.

Fig. 4-6
Sistema a bagno d'olio

Con il sistema a bagno d'olio, poichè il controllo del livello non avviene di frequente, è molto importante assicurare tenute efficienti per garantire il mantenimento di un livello d'olio adeguato. Se l'applicazione è critica, è consigliabile adottare dei sistemi esterni di controllo del livello d'olio.

Lo smaltimento del calore può essere migliorato in un sistema a livello d'olio se questo è spruzzato su tutta la superficie interna dell'alloggiamento. Il più delle volte sono gli ingranaggi ad eseguire questo compito. A questo punto è importante guidare il flusso dell'olio in caduta, attraverso appositi canali, verso i cuscinetti. Ciò può essere ottenuto utilizzando delle vaschette di raccolta come mostrato in Fig. 4-7. Come si può vedere, si cerca sempre di inviare l'olio dal lato diametro piccolo del rullo in modo da utilizzare l'effetto naturale di pompaggio tipico dei cuscinetti a rulli conici. Per mantenere un livello d'olio nei cuscinetti, si possono utilizzare dei sistemi di vaschette statiche come mostrato nella figura.

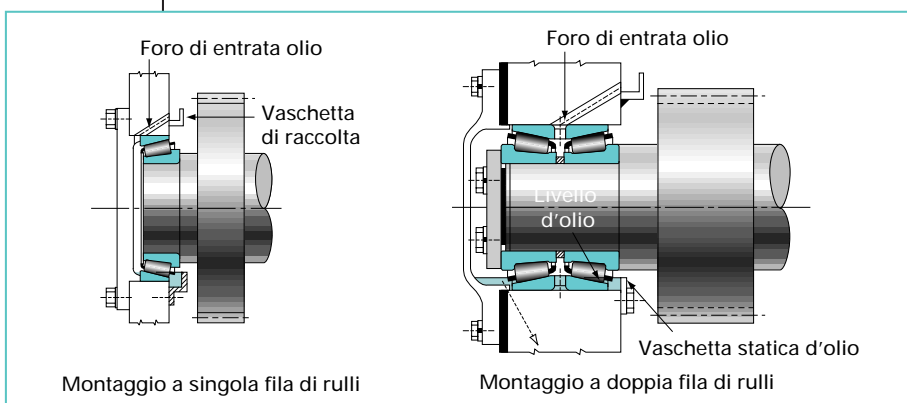



Fig. 4-7
Sistemi a sbattimento d'olio

Sistemi a livello d'olio con sbattimento possono essere utilizzati a velocità relativamente elevate (anche superiori a 20 m/s) se correttamente progettati con un grande serbatoio d'olio e ampie superfici di raffreddamento. La configurazione dell'alloggiamento può avere un'importanza primaria nell'efficacia dello scambio termico fornito.

Il tipo di olio è principalmente scelto sulla base della sua viscosità, stabilita dai parametri dell'applicazione come :

- velocità, carico e fattori ambientali.

Poichè la viscosità varia con l'inverso della temperatura, il valore della viscosità deve essere definito sempre con la temperatura alla quale è stata determinata (legata anche alla viscosità iniziale dell'olio). Nella maggior parte delle applicazioni citate, con lubrificazione a bagno d'olio, si usa generalmente un olio minerale con una viscosità compresa tra 220 e 460 cSt. Per migliorare le caratteristiche dell'olio, si possono utilizzare additivi. I tipi più comuni sono :

- additivi estrema pressione "EP" per prevenire rigature in condizioni di lubrificazione limite,
- inibitori di ossidazione per aumentare la durata del lubrificante,
- inibitori di ruggine e corrosione per proteggere le superfici dei cuscinetti,
- agenti antiusura.

4.1.3.2. A nebbia d'olio / Aria-olio

Sistemi a nebbia d'olio

Nei colli del cilindro, si considerano abitualmente i sistemi di lubrificazione a nebbia d'olio quando la lubrificazione convenzionale a grasso viene considerata non sufficientemente sicura ed affidabile, in funzione della velocità di laminazione, sia per i cuscinetti dei cilindri di lavoro che dei cilindri di appoggio.

La lubrificazione a nebbia d'olio, caratterizzata dal suo basso consumo di olio, ha dimostrato, negli ultimi decenni, di essere molto soddisfacente per colli di cilindri equipaggiati di cuscinetti Timken funzionanti a velocità di laminazione fino a 2100 m/min.

Prove condotte alcuni anni fa, per simulare operazioni di laminazione continue, hanno dimostrato che la lubrificazione a nebbia d'olio è ancora un sistema di lubrificazione affidabile ; in effetti, la temperatura di funzionamento del cuscinetto si è stabilizzata dopo circa 5 ore di funzionamento alla velocità massima, corrispondente a circa 2100 m/min (ved. Fig. 4-8).

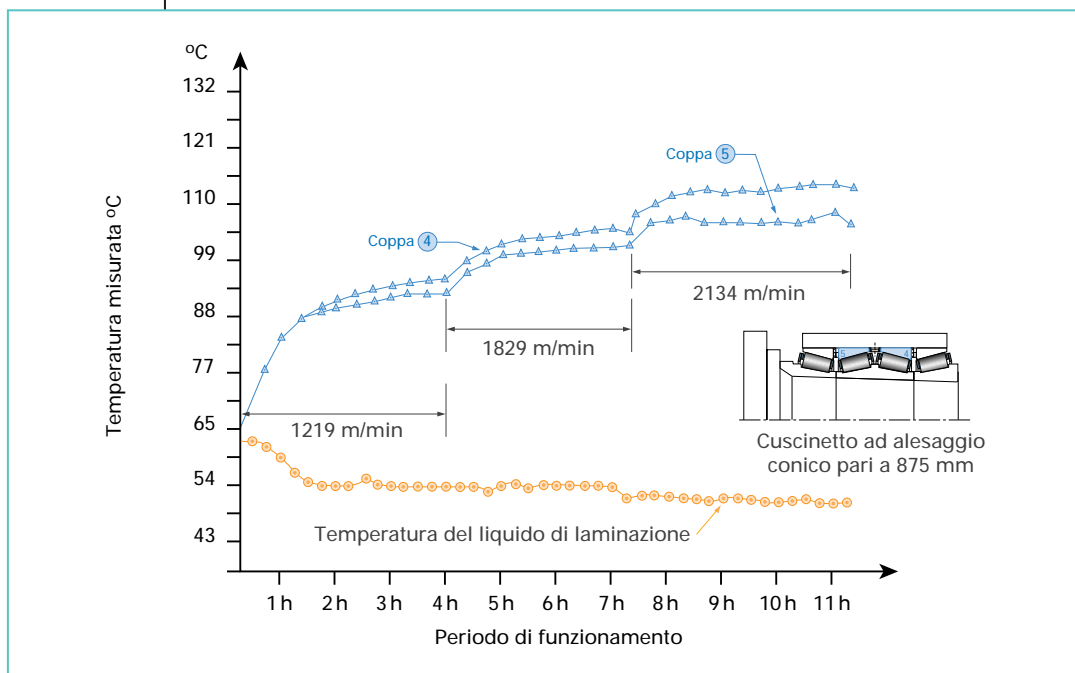



Fig. 4-8
Temperature misurate sul cuscinetto, del tipo a rulli conici lubrificato a nebbia d'olio alla velocità di 2100 m/min e con una forza di separazione di 1000 tonnellate.

L'olio con tale sistema di lubrificazione è nebulizzato in finissime particelle in un generatore di nebbia d'olio (dimensione media delle particelle d'olio di circa 2 µm) ; le particelle sono poi convogliate da un flusso d'aria a bassa velocità (circa 5 m/s) e a bassa pressione (nominale 0,5 bar) agli ugelli situati nei fori previsti nelle guarniture.

Questi ugelli (generalmente 3 o 4 per guarnitura) dovrebbero essere localizzati nell'alesaggio della guarnitura ed allineati con le entrate per il lubrificante previste nei cuscinetti e nelle tenute (Fig. 4-9).

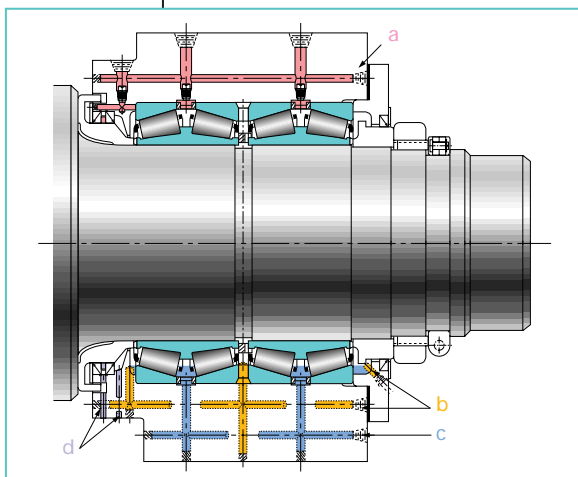



Fig. 4-9
Configurazione generale con cuscinetti tipo TQOW/2TDIW

Istruzioni generali per cuscinetti tipo TQOW/2TDIW

a) Entrate olio
Prevedere assialmente un foro comune di ingresso, con derivazioni nella parte superiore della guarnitura sul distanziale della coppa esterna, distanziale della coppa interna e distanziale interno. Ugelli di calibratura sono collocati nei fori radiali e nei condotti di adduzione adiacenti ai distanziali coppe e alle tenute.

b) Combinazione fori di ventilazione e livello d'olio
Posizionare i fori di ventilazione all'altezza del livello d'olio nella mezzeria del cuscinetto ed alla fine della guarnitura dal lato interno in modo da intersecare il foro assiale comune. Il foro di ventilazione esterno può essere disposto nel coperchio di fissaggio.

c) Scarico olio
Prevedere dei fori nella parte inferiore in corrispondenza dei distanziali coppe, gli stessi fori devono intersecare il foro assiale comune.

d) Combinare i fori di ventilazione e scarico per le tenute interne sul punto morto inferiore. Prevedere uno scarico per evacuare il liquido di laminazione che può eventualmente entrare attraverso le tenute.

Le funzioni degli ugelli sono :

- In primo luogo, assicurare la distribuzione ed il controllo della quantità di nebbia d'olio. Questo si ottiene dal numero/lunghezza/-dimensione dei fori per ugello e dalla distribuzione di questi ugelli tra i diversi punti da lubrificare in una data guarnitura (generalmente due per cuscinetto ed 1 o 2 per tenuta a labbro Fig. 4-10),

Fig. 4-10
Ugello di calibratura

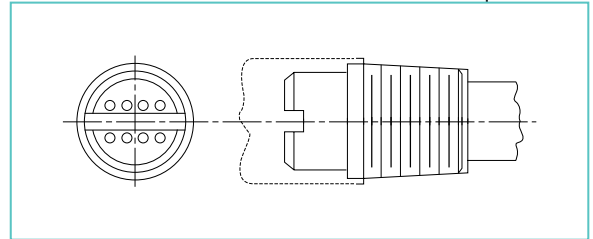
- In secondo luogo, aumentare la dimensione delle sottili particelle di olio sospese nel flusso d'aria a bassa velocità appena prima di entrare nel cuscinetto. Questo si ottiene dalla turbolenza creata dall'aumento della velocità, quando la nebbia d'olio (aria lubrificata) passa attraverso i fori dell'ugello (questi ugelli sono anche definiti ugelli di calibratura). A riguardo, è importante prevedere una ventilazione adeguata nella guarnitura, tale da non disturbare il calo di pressione attraverso i fori dell'ugello e quindi l'aumento di velocità della nebbia (l'area dei fori di ventilazione dovrebbe essere almeno il doppio dell'area di tutti i fori degli ugelli nel sistema) (ved. Fig. 4-9 e 4-10).

Da notare anche che questi fori di ventilazione determineranno il livello d'olio minimo nel cuscinetto. Questo livello d'olio è necessario nella fase di avvio, per cui si raccomanda anche di verificare che esso esista, in modo particolare quando si avvia il laminatoio dopo un lungo periodo di inattività.

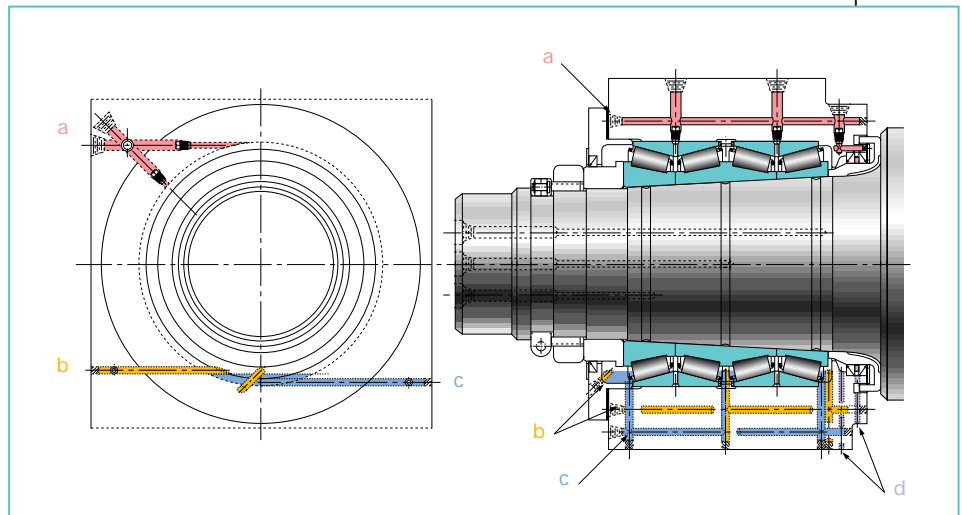
Fig. 4-11
Configurazione della nebbia d'olio con cuscinetti tipo TQIT

Istruzioni generali per cuscinetti tipo TQIT

a) Entrate olio
Prevedere assialmente un foro comune di ingresso, con derivazioni nella parte superiore della guarnitura sul distanziale della coppa esterna, sul distanziale della coppa interna e sul distanziale interno. Ugelli di calibratura sono collocati nei fori radiali e nei condotti di adduzione adiacenti ad ogni coppa ed alle tenute.

b) Combinazione fori di ventilazione e livello d'olio
Posizionare i fori di ventilazione all'altezza del livello d'olio nella mezzeria del cuscinetto ed alla fine della guarnitura dal lato interno in modo da intersecare il foro assiale comune. Il foro di ventilazione esterno può essere disposto nel coperchio di fissaggio.

c) Scarico olio
Prevedere dei fori nella parte inferiore in corrispondenza del distanziale coppe ed a ciascuna estremità della guarnitura, gli stessi fori devono intersecare il foro assiale comune.

d) Combinare i fori di ventilazione e scarico per le tenute interne sul punto morto inferiore. Prevedere uno scarico per evacuare il liquido di laminazione che può eventualmente entrare attraverso le tenute.

La quantità di olio, contenuto nella nebbia passante attraverso i fori dell'ugello, uscirà in parte condensato ed in parte sotto forma di spruzzo umido che deve essere ulteriormente estratto dall'aria quando sbatte ad alta velocità contro gli elementi stazionari e rotanti del cuscinetto.

Per laminatoi ad alta velocità è consigliabile disporre gli ugelli direttamente nel cuscinetto stesso, per esempio nelle coppe o distanziali coppe. Questo assicurerà quindi una buona distribuzione dell'olio lungo la circonferenza del cuscinetto e la condensazione dello stesso "direttamente" "all'interno" del cuscinetto come pure per l'olio rimasto sospeso nell'aria all'uscita degli ugelli.

I cuscinetti saranno perciò lubrificati più efficacemente poichè lo spruzzo umido sbatte sugli elementi rotanti i quali saranno continuamente ricoperti con un sottile film d'olio (Fig. 4-12).

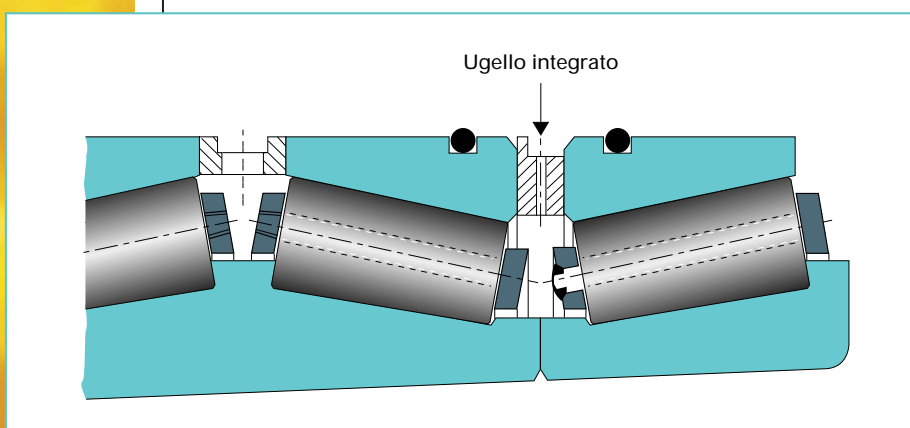



Fig. 4-12
Cuscinetto con ugelli integrati

La quantità di olio condensato all'uscita degli ugelli e la quantità di olio rimasto in sospensione nell'aria dipende dal rapporto "*lunghezza L sul diametro D del foro dell'ugello*".

Per cuscinetti dei colli di cilindro, gli ugelli sono normalmente scelti con un rapporto L/D pari a 20. Questo rapporto permetterà la condensazione di almeno il 50 % dell'olio all'uscita dell'ugello (le dimensioni standard del foro di tali ugelli sono : D = 1,7 mm ed L = 35 mm).

Se l'installazione è ben progettata e disegnata, meno del 10 % dell'olio rimarrà in sospensione nell'aria all'uscita della guarnitura. Risulta perciò essenziale scegliere oli che abbiano buone caratteristiche ad essere nebulizzati (viscosità massima possibile di circa 460 cSt a 40 °C, suggeriti preriscaldatori d'aria aggiuntivi). Tuttavia, la contaminazione dell'aria esterna da parte dell'olio rimasto in sospensione può essere minimizzata o resa nulla, se la nebbia d'olio che fuoriesce dalle guarniture viene convogliata attraverso manicotti e tubazioni in un collettore di nebbia d'olio che provvederà all'estrazione dell'olio rimanente.

Caratteristiche suggerite per l'olio nei sistemi a nebbia d'olio per laminatoi

Olio di base :	Olio minerale raffinato, alto indice di viscosità
Additivi :	Inibitori di corrosione e ossidazione Additivi Estrema Pressione (EP)* - 15,8 kg
Nebulizzazione :	Buona uscita totale, buon rapporto olio/aria, non deve ostruire gli ugelli in funzionamento
Indice di viscosità :	80 minimo
Punto di scorrimento :	–12 °C massimo
Gradazione di viscosità : recommended	220 - 320 cSt at 40 °C

Consumo d'olio

La quantità di olio richiesta con un sistema di lubrificazione a nebbia d'olio non è specificatamente calcolata sulla base del calore generato dal cuscinetto, ma piuttosto in relazione alla dimensione ed al numero delle file di rulli del cuscinetto.

Ciò è comprensibile poichè non avrebbe molto senso calcolare una portata d'olio per un sistema di lubrificazione che consuma solo una piccola quantità d'olio.

In ogni caso la quantità minima di olio da considerare può essere stabilita solo quando si è calcolata la quantità di nebbia d'olio basata sulla sua densità dichiarata dai costruttori di tali generatori (per qualsiasi informazione relativa al vostro laminatoio, si suggerisce di contattare il costruttore del sistema di nebbia d'olio).

Per esempio, la quantità minima di olio / aria suggerita è : da 0,0066 a 0,0098 litri d'olio all'ora per ogni 28,3 litri/min di aria passante attraverso l'unità di nebulizzazione, con olio avente una viscosità di circa 100 cSt a 40 °C e senza preriscaldatori.

Questo permette all'operatore di controllare l'efficienza di funzionamento dell'installazione verificando periodicamente il suo consumo d'olio. Per esempio, per un cuscinetto di grandi dimensioni di un cilindro di appoggio, con un alesaggio di circa 860 mm, il consumo medio d'olio è generalmente di circa 80 cm^3/ora.

Sistemi aria-olio

La lubrificazione aria-olio si è diffusa abbastanza recentemente nei cuscinetti dei colli di cilindro.

In un laminatoio a freddo per alluminio di recente costruzione, con i cilindri di appoggio equipaggiati di

cuscinetti TQIT Timken, con alesaggio di 895 mm, è stato adottato un sistema di lubrificazione aria-olio. La velocità massima di laminazione di questo laminatoio è di circa 1700 m/min.

Con questo tipo di lubrificazione l'olio non viene nebulizzato prima di essere convogliato nel cuscinetto dal flusso d'aria. Di conseguenza, la velocità e la pressione di questo flusso d'aria possono essere molto più elevate senza rischio di condensazione dell'olio prima che questo entri nel cuscinetto.

La presenza dell'ugello, necessario con lubrificazione a nebbia d'olio, non è più richiesta.

Il solo requisito è di distribuire efficacemente le goccioline d'olio lungo i diversi punti di lubrificazione nella guarnitura (cioè la quantità d'olio che entra attraverso il foro principale di entrata della guarnitura deve essere equamente distribuita tra le diverse file del cuscinetto e le posizioni delle tenute).

Velocità tipica dell'aria nelle tubazioni e nei fori della guarnitura :	60 to 80 m/s
Velocità delle goccioline d'olio :	0,02 to 0,05 m/s

La possibilità di operare con velocità dell'aria più elevate e maggiori quantità d'aria non riscaldata per facilitare la nebulizzazione può offrire un potenziale di raffreddamento aggiuntivo per i cuscinetti.

La pressione dell'aria all'interno del cuscinetto (circa 0,2 - 0,3 bar) può anche aiutare a prevenire l'ingresso di liquidi di laminazione in funzione delle tenute utilizzate e/o del sistema di ventilazione.

Nota : la ventilazione può essere fatta attraverso fori speciali come per il sistema a nebbia d'olio o attraverso le tenute a labbro. Questo viene stabilito dal fornitore del sistema aria-olio. La sola limitazione consiste nel livello d'olio che, potendo salire durante il funzionamento, non deve superare il livello suggerito.

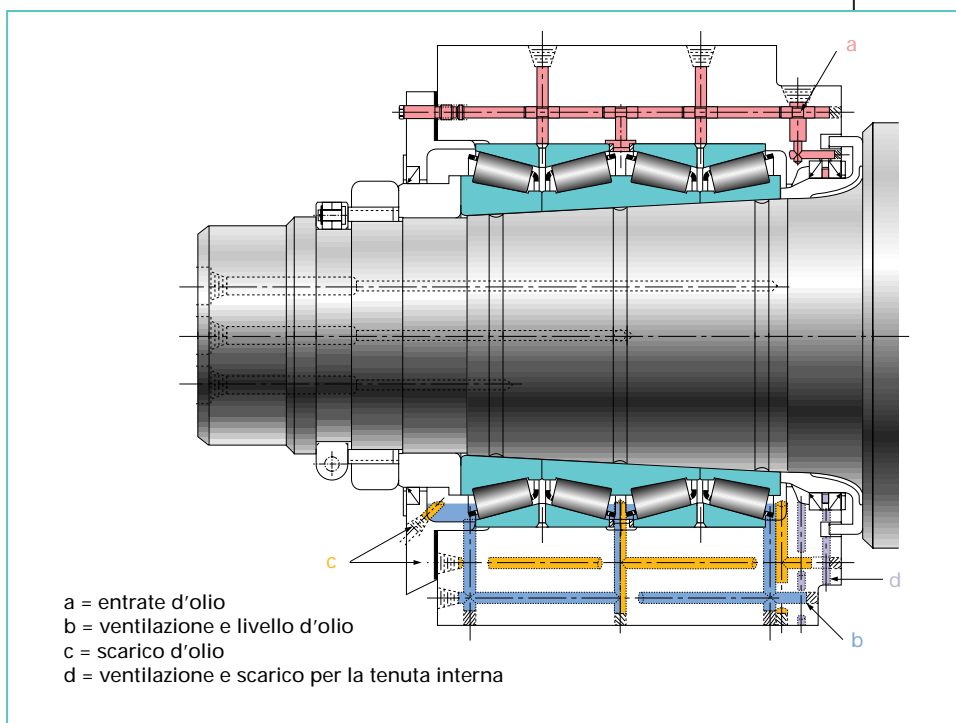



Fig. 4-13
Configurazione con cuscinetti TQIT

Caratteristiche dell'olio

Per laminatoi fortemente caricati ed a bassa velocità, il sistema di lubrificazione aria-olio permette anche di utilizzare oli con viscosità molto alte (680 cSt a 40 °C o superiori) ; l'olio in questo caso non deve più essere nebulizzato.

Il consumo d'olio è generalmente inferiore, secondo i fornitori di tali impianti, se confrontato con la quantità d'olio consumata dal sistema a nebbia d'olio. Queste quantità sono basate su formule sviluppate dai fornitori di sistemi aria-olio e possono essere discusse e definite con loro. Come in tutti gli altri sistemi di lubrificazione, Le opportune quantità di aria-olio sono alla fine definite durante le fasi di prova del laminatoio. Il calcolo iniziale è principalmente utilizzato per definire le dimensioni dell'installazione.

Commenti generali su entrambi i sistemi di lubrificazione

Le piccole quantità di olio utilizzate in entrambi i sistemi a nebbia d'olio o aria-olio non sono naturalmente capaci di asportare il calore generato nel sistema "guarnitura-cuscinetto" nei laminatoi ad alta velocità. L'equilibrio termico dipenderà quasi totalmente dalla capacità di smaltimento del calore dei componenti circostanti il cuscinetto (guarniture e cilindri) in modo che i cuscinetti possano funzionare ad una temperatura stabilizzata il cui valore è ancora considerato sicuro. La nostra esperienza mostra che i nostri cuscinetti possono funzionare in condizioni di sicurezza a temperature fino a 130 °C.

La quantità di olio richiesta deve essere valutata solo per lubrificare efficacemente le piste e i rulli del cuscinetto. Questa minima quantità di olio è direttamente legata alle dimensioni del cuscinetto ed allo spessore del film d'olio che bisogna garantire affinché le superfici di rotolamento e di strisciamento rimangano separate.

Il rischio di non avere in ogni momento una quantità d'olio non sufficiente è ridotta per la presenza del livello d'olio minimo nella parte inferiore della guarnitura e della pompa d'olio di sicurezza che viene generalmente specificata con entrambi i sistemi di lubrificazione. Tuttavia, la posizione del livello d'olio nella parte inferiore della guarnitura deve essere attentamente controllata per evitare ulteriore produzione di calore per lo sbattimento dell'olio, in modo particolare nei laminatoi ad alta velocità. Generalmente il livello d'olio dovrebbe essere appena sopra le piste esterne (come mostrato in Fig. 4-14).

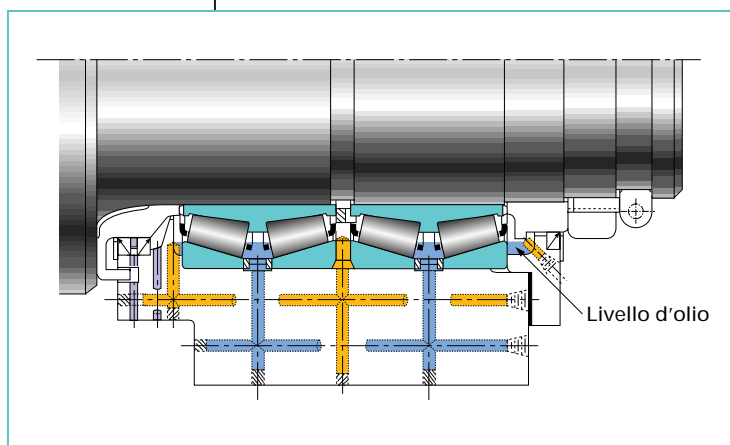



Fig. 4-14
Livello d'olio suggerito

Il vantaggio fondamentale del sistema di lubrificazione aria-olio quando valutato e confrontato con il sistema di lubrificazione a nebbia d'olio sembra essere la sua maggiore affidabilità nel fornire una quantità costante di olio ai cuscinetti in ogni momento. Tale affidabilità è essenziale per un sistema di lubrificazione progettato per consumare piccole quantità d'olio.

Per le sue caratteristiche, il sistema non è più dipendente dalla scelta delle corrette caratteristiche di nebulizzazione dell'olio e dalla corretta realizzazione e progettazione del sistema di fori e tubazioni.

Il fatto che l'olio non debba più essere nebulizzato elimina il rischio di inquinamento dell'aria. Tale problema esiste con il sistema di lubrificazione a nebbia d'olio quando si utilizza solo la ventilazione libera (senza sistema di estrazione d'olio).

4.1.3.3. Circolazione d'olio

Questi sistemi sono utilizzati quando è necessario asportare molto calore sviluppato dall'applicazione. Essi possono essere utilizzati, per esempio, in trasmissioni ad ingranaggi a media od alta velocità come pure in qualche applicazione specifica dei colli di cilindro. Essi possono anche essere gradualmente adattati al livello di smaltimento di calore richiesto e se necessario si può aggiungere uno scambiatore di calore per l'olio.

In un sistema tipico a circolazione d'olio, come in Fig. 4-15, l'olio è pompato da un serbatoio centrale ad ogni cuscinetto. L'olio è inviato nel cuscinetto dal lato diametro minore del rullo e raccolto dal lato diametro maggiore del rullo per sfruttare l'azione di pompaggio naturale del cuscinetto a rulli conici.

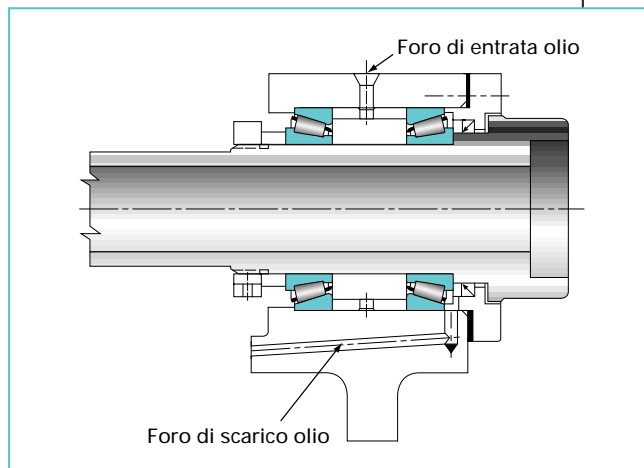



Fig. 4-15
Sistema a circolazione forzata d'olio

Questo tipo di circolazione può essere utilizzato per velocità al bordino fino a 25 m/s.

Se la velocità al bordino supera il valore indicato come nei riduttori ad alta velocità o negli aspi avvolgitori, si dovranno utilizzare sistemi a circolazione forzata con getti d'olio. (Fig. 4-16). I getti sono posizionati in modo tale da dirigere l'olio nello spazio tra la gabbia ed il bordino piccolo.

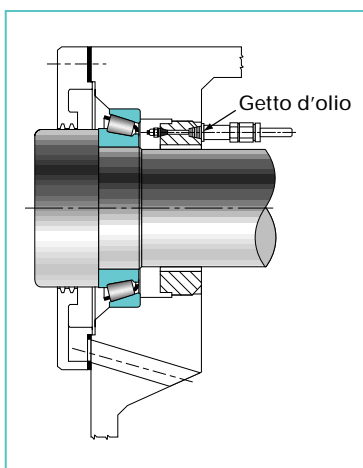



Fig. 4-16
Sistema a circolazione forzata con getto d'olio

Per una maggiore efficienza di raffreddamento, si possono aggiungere degli ugelli d'olio (generalmente il diametro dei fori è di 2,5 mm), distribuiti attorno la circonferenza del cuscinetto per inviare olio dal lato diametro piccolo dei rulli.

Quando le velocità sono ancora superiori (circa 35 m/s), si possono aggiungere getti d'olio nella parte superiore dell'alloggiamento per inviare lubrificante dal lato diametro maggiore dei rulli, in modo da garantire una adeguata lubrificazione del contatto rulli/bordino.

In entrambi i casi, nell'alloggiamento dovrà essere previsto un foro di ritorno sufficientemente largo da evitare sbattimento d'olio con ulteriore produzione di calore dal lato diametro maggiore del rullo.

$Q_{gen} = Q_{olio} + Q_{allogg}$ (in condizioni di temperatura stabilizzata)

dove :

Q_{gen}	= calore prodotto	W
Q_{olio}	= calore smaltito dall'olio	W
Q_{allogg}	= calore smaltito dall'alloggiamento	W

Per le prestazioni di questo sistema di lubrificazione, anche la quantità d'olio sarà un fattore critico. In effetti, tale flusso aiuterà a dissipare il resto del calore che non potrà essere smaltito dall'alloggiamento.

Se la quantità d'olio è eccessiva, essa produrrà calore aggiuntivo ; se è troppo bassa, essa non asporterà sufficientemente il calore generato ed in entrambi i casi non sarà possibile ottenere una temperatura stabilizzata.

In modo da offrire una guida relativa alle quantità d'olio necessarie, il calore generato dal cuscinetto può essere calcolato usando i carichi, la velocità, la viscosità del lubrificante e le caratteristiche geometriche interne del cuscinetto.

Generazione di calore

In condizioni normali di funzionamento, la maggior parte della coppia e del calore prodotto dal cuscinetto è dovuto alle perdite elastoidrodinamiche nei contatti rullo/pista.

Il calore generato dal cuscinetto è funzione della velocità di rotazione e della coppia di rotolamento :

$Q_{gen} = k_4 \, n \, M$ (1)

dove :

Q_{gen}	= calore prodotto	W
M	= coppia di rotolamento	Nm
n	= rvelocità di rotazione	G/min
k_4	= ved. pagina seguente	

Per una corretta stima del calore prodotto, si consiglia di consultare il Manuale Tecnico Timken.

Smaltimento di calore con circolazione d'olio

Il calore smaltito da un sistema a circolazione d'olio è dato dalla seguente formula :

$$Q_{olio} = k_5 \, f \, (\theta_o - \theta_i) \qquad (2)$$

Se si utilizza un lubrificante diverso da un olio minerale, il calore asportato dal lubrificante sarà :

$$Q_{olio} = k_6 \, C_p \rho f \, (\theta_o - \theta_i) \qquad (3)$$

Se il flusso del lubrificante dal lato uscita del cuscinetto non è limitato, la quantità che può passare liberamente attraverso il cuscinetto dipenderà dalla dimensione e dalla geometria interna del cuscinetto, dalla direzione del flusso dell'olio, dalla velocità del cuscinetto e dalle proprietà del lubrificante.

Il cuscinetto a rulli conici ha una tendenza naturale a pompare l'olio dal lato sezione minore al lato sezione maggiore dei rulli. Per ottimizzare il flusso d'olio e lo smaltimento del calore, l'entrata del lubrificante deve avvenire dal lato sezione minore dei rulli.

In un sistema a sbattimento o a livello d'olio, il calore viene asportato dall'effetto di conduzione delle pareti interne della carcassa. La quantità di calore smaltito con questo metodo di lubrificazione può essere migliorata utilizzando serpentine di raffreddamento nel serbatoio del lubrificante.

k_4	Fattore dimensionale per calcolare la produzione di calore nella formula (1) k_4 = 0,105 for Q_{gen} in W con M in Nm	
k_5	Fattore dimensionale per calcolare il calore asportato da un olio minerale nella formula (2) k_5 = 28 per Q_{olio} in W con f in L/min e θ in °C	
k_6	Fattore dimensionale per calcolare il calore asportato da un fluido in circolazione nella formula (3) k_6 = 1,67 x 10^{-5} per Q_{olio} in W	
Q_{olio}	Quantità di calore smaltito dall'olio in circolazione	W
θ_i	Temperatura olio in entrata	°C
θ_o	Temperatura olio in uscita	°C
C_p	Calore specifico del lubrificante	J/(kg x °C)
f	Portata d'olio	L/min
ρ	Densità del lubrificante	kg/m^3

Per poter definire la quantità corretta di lubrificante, sulla base della formula precedente, rimane da risolvere la questione di quanto calore viene dissipato attraverso l'alloggiamento. La risposta a questa domanda dipende da ciascuna applicazione e può essere valutata solo in funzionamento. Inizialmente, per una nuova applicazione, essa può solo essere stimata. Questa stima permetterà di definire la quantità di calore che può essere smaltita dall'olio, e perciò, la quantità d'olio valutata può essere calcolata in modo da prevedere almeno un sistema di pompaggio adeguato (pressione, portata massima).

Per quanto riguarda la portata finale, essa sarà finalizzata dopo le prove durante la fase di avviamento dell'applicazione in condizioni di funzionamento.

4.1.4. Influenza di contaminanti ed additivi possibili

Particelle abrasive

Quando i cuscinetti a rulli conici funzionano in un ambiente pulito, la causa principale di danneggiamento è rappresentata da fatica sulle superfici dove avviene il contatto di rotolamento. Tuttavia, quando particelle contaminanti entrano nel sistema di cuscinetti, è facile che si verifichino dei danneggiamenti come ammaccature che possono ridurre la durata dei cuscinetti.

Fig. 4-17
Danneggiamento di un cuscinetto dovuto a particelle inquinanti

In ogni caso, è stato riconosciuto e dimostrato che l'acciaio da cementazione tollera meglio le particelle inquinanti dell'acciaio a tutta tempra. Perciò, l'effetto negativo di queste particelle sulla durata si riduce utilizzando cuscinetti in acciaio da cementazione. Inoltre, quando si verifica una contaminazione del lubrificante sia dall'ambiente che da particelle metalliche abrasive, l'usura può divenire la causa predominante del danneggiamento dei cuscinetti (Fig. 4-17).

Cuscinetti funzionanti in un lubrificante contaminato evidenziano un livello iniziale di usura più elevato rispetto a quelli funzionanti in un lubrificante non contaminato. Se il livello di contaminazione invece rimane stabile, il tasso di usura diminuisce rapidamente a causa della riduzione delle dimensioni delle particelle che passano attraverso le superfici di contatto dei cuscinetti durante il normale funzionamento.

In generale, i parametri importanti che influenzano l'usura del cuscinetto sono la dimensione, la concentrazione e la durezza delle particelle contaminanti come pure lo spessore del film lubrificante.

L'aumento di tutti questi parametri, eccetto lo spessore del film d'olio, aumenterà l'usura del cuscinetto. Aumentando la viscosità del lubrificante, per un dato livello di contaminazione, si ridurrà l'usura del cuscinetto.

Acqua/emulsioni di laminazione

La presenza di acqua/emulsioni di laminazione negli oli lubrificanti, sia sciolta o sospesa, può esercitare un effetto negativo sulla durata a fatica dei cuscinetti. L'acqua può causare attacco chimico sul cuscinetto che può anche ridurre la sua durata a fatica. Il meccanismo esatto per cui l'acqua/emulsioni di laminazione riducono la durata a fatica non è ancora completamente chiaro ; un'ipotesi credibile è che l'acqua/emulsioni di laminazione penetrando nelle micro-cricche, causate dai ripetuti cicli di carico, sviluppino un effetto di corrosione e fragilità da idrogeno nelle stesse, riducendo il tempo necessario perché queste si propaghino e si trasformino in una superficie scagliata di dimensioni inaccettabili.

Additivi dei lubrificanti

Gli additivi sono componenti, generalmente chimici, che vengono aggiunti ai lubrificanti per migliorare specifiche proprietà. Gli additivi, quando formulati correttamente in un lubrificante, possono migliorare la durata del lubrificante, fornire una maggiore resistenza alla corrosione, aumentare la capacità di carico e rinforzare altre proprietà. Comunque, poichè gli additivi sono molto complessi, essi non dovrebbero essere aggiunti indiscriminatamente nei lubrificanti come rimedio per tutti i problemi di lubrificazione. Gli additivi più comuni per lubrificanti nell'industria siderurgica comprendono : additivi estrema pressione per prevenire rigature, agenti antiusura, inibitori di ossidazione, inibitori di ruggine e corrosione, ecc...

4.2. Sealing

4.2.1. Basic seal functions

Per ottenere la durata completa di un cuscinetto assemblato, è obbligatorio un efficiente sistema di tenute.

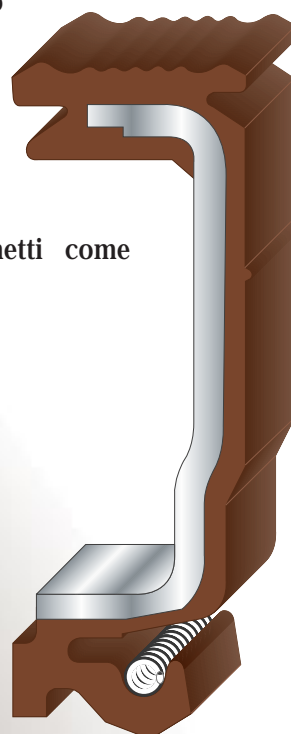
Le tenute dinamiche, che costituiscono un componente chiave in un sistema di cuscinetti, hanno due funzioni :

- escludere i contaminanti dal sistema cuscinetto,
- mantenere il lubrificante all'interno del cuscinetto.

Un adeguato disegno delle tenute dipende da quale delle due funzioni è più critica e dalle condizioni di funzionamento del cuscinetto.

Nella fase di scelta del tipo di tenuta per qualsiasi applicazione con cuscinetti Timken è necessario considerare il tipo di lubrificante, il tipo di contaminante che si deve mantenere all'esterno della camera dei cuscinetti, la velocità dell'applicazione, la temperatura di funzionamento prevista, il tipo di applicazione ed altre condizioni generali ambientali e di funzionamento. Materiale estraneo come polvere, scaglie o qualsiasi sostanza dura, sabbiosa, agirà come agente abrasivo causando una rapida usura del cuscinetto. Acqua, soluzioni di laminazione (acidi) possono deteriorare il lubrificante e provocare danneggiamenti ai cuscinetti come pure perdite di lubrificante.

4.2.2. Tipi di tenute

Ci sono due tipi fondamentali di tenute : quelle a strisciamento e quelle senza strisciamento.

Tenuta a labbro radiale a strisciamento

Tenute a strisciamento

Con tenute a contatto od a strisciamento, si ha generalmente un contatto positivo tra gli elementi della tenuta in assenza di moto relativo. Queste sono utilizzate frequentemente nelle gamme di velocità basse o medie dove il calore generato dalle forze di contatto non è eccessivo. Ci sono due tipi fondamentali di tenute a strisciamento : tenute radiali a labbro e tenute frontali (Fig. 4-18). Esse rappresentano attualmente il mezzo principale di protezione dei cuscinetti a rulli conici. Le tenute radiali a labbro utilizzate nell'industria siderurgica sono principalmente prodotte con due diversi materiali che sono nitrile e floroelastomeri (Viton). Questi due materiali possono essere utilizzati sia con oli minerali che sintetici. Le tenute al nitrile sono usate per velocità della sede di contatto fino a 14 m/s e temperature di funzionamento fino a 100 °C. Oltre entrambi questi parametri, dove si richiede una elevata stabilità termica e resistenza chimica, si consiglia di utilizzare tenute al Viton (floroelastomeri) che possono essere utilizzate fino a 160 °C. Una corretta efficienza del labbro si ottiene con una durezza della sede di strisciamento di 45-60 HRC ed una rugosità R_a di 0,2-0,8 µm. Questi due suggerimenti aiutano a stabilire e mantenere un film durevole di lubrificante, conservare la struttura superficiale e prevenire una eccessiva usura della sede.

Tenuta frontale (V-ring)
Tenuta radiale a labbro
Cono allungato

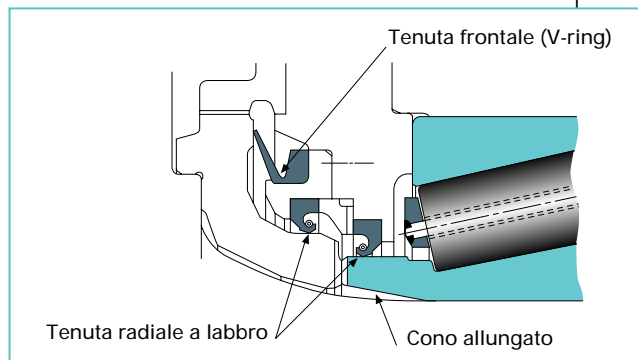



Fig. 4-18
Tenute a strisciamento

Tenute senza strisciamento

Le tenute senza strisciamento comprendono diversi tipi di tenute a labirinto e idrodinamiche che mantengono del gioco tra gli elementi della tenuta. Perdite attraverso queste tenute dipendono dalla quantità di gioco e dalla capacità delle tenute di ridurre l'energia potenziale del fluido che può entrare nel labirinto. Le tenute a labirinto sono prodotte in diverse configurazioni. Teoricamente, i labirinti sono dispositivi che riducono le perdite senza eliminarle del tutto. Il tasso di perdita delle tenute a labirinto è direttamente proporzionale al gioco radiale, perciò tali giochi dovrebbero essere mantenuti al minimo. Tenute non striscianti sono spesso proposte per alte velocità (sopra i 25 m/s) dove non si possono utilizzare tenute a labbro di elastomeri.

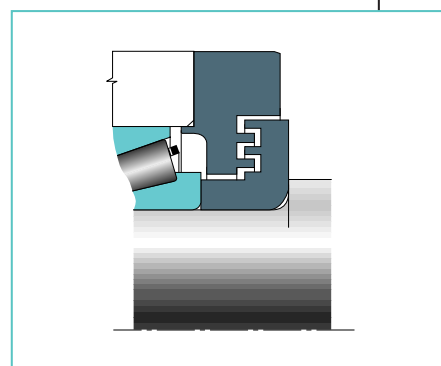



Fig. 4-19
Labirinto

4.2.3. Sistemi di tenute

4.2.3.1. Colli dei cilindri

Nelle applicazioni dei colli di cilindro, di laminatoi per materiali ferrosi e non, si richiede un corretto sistema di tenute, principalmente dal lato tavola. Ciò è particolarmente importante in laminazioni con liquidi di raffreddamento quando l'emulsione di laminazione scorre direttamente sul distanziale lato tavola e per cuscinetti installati in ambienti di laminazione fortemente contaminati. Si possono utilizzare diverse configurazioni di tenute, ma non è possibile mostrarle tutte.

Il disegno della tenuta dipende dallo spazio disponibile tra il cuscinetto e la faccia della tavola corrispondente anche alla lunghezza del distanziale lato tavola. Alcune configurazioni sono state usate con successo per molti anni ed hanno soddisfatto diverse condizioni di funzionamento. La maggior parte di queste sono costituite da uno o due tenute radiali a labbro, in combinazione con una tenuta frontale del tipo V-ring e/o con un labirinto, per offrire una protezione aggiuntiva particolarmente in laminazioni con liquidi.

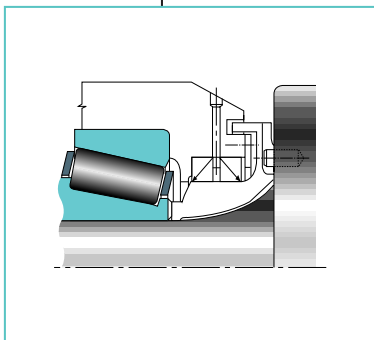



Fig. 4-20 Configurazione tipica

I produttori hanno sviluppato queste tenute per risolvere i problemi di lubrificazione evidenziati dai settori di produzione e manutenzione degli impianti di laminazione. Le Fig. 4-18 e 4-20 mostrano diverse configurazioni di tenute. Nel caso dove due tenute radiali a labbro siano utilizzate come unità, si dovrà prevedere un'entrata di lubrificante tra le due tenute per evitare lo strisciamento dei labbri su un contatto non lubrificato. Le configurazioni illustrate possono variare leggermente in funzione dello spazio disponibile. I distanziali lato tavola sono generalmente montati forzati sui colli del cilindro per evitare che il liquido di laminazione si possa infiltrare attraverso l'alesaggio di tali distanziali.

Per fare in modo che le tenute rimangano con la guarnitura ed il cuscinetto assemblato, si può considerare l'utilizzo di coni allungati, come mostrato nelle Fig. 4-18 e 4-21. Questa configurazione, disponibile per montaggio con accoppiamento libero (TQOWE) come pure per montaggio con accoppiamento forzato (TQITSE), permette alla guarnitura e al cuscinetto di diventare un sistema di tenute integrato. Ciò elimina il problema comune di danneggiamento da manipolazione e da schiacciamento dei labbri delle tenute poiché le tenute stesse sono mantenute nelle loro sedi durante il cambio del cilindro. In aggiunta ai coni estesi, si suggerisce di utilizzare anche un piccolo distanziale lato tavola per ottenere un adeguato sistema di tenuta.

Fig. 4-21
Sistema di tenute con coni allungati

Dal lato distanziale di bloccaggio, qualsiasi sia il sistema utilizzato, si suggerisce generalmente l'utilizzo di una o due tenute radiali a labbro.

Cuscinetti con tenute per cilindri di lavoro

Il concetto di cuscinetti con tenute integrate, completamente intercambiabili con i cuscinetti standard, è stato sviluppato principalmente per ridurre il consumo di grasso. È chiaro che una tenuta aggiuntiva inserita nel cuscinetto offrirà una protezione aggiuntiva al cuscinetto stesso. Tuttavia, è ancora molto importante mantenere le tenute esterne della guarnitura in buone condizioni.

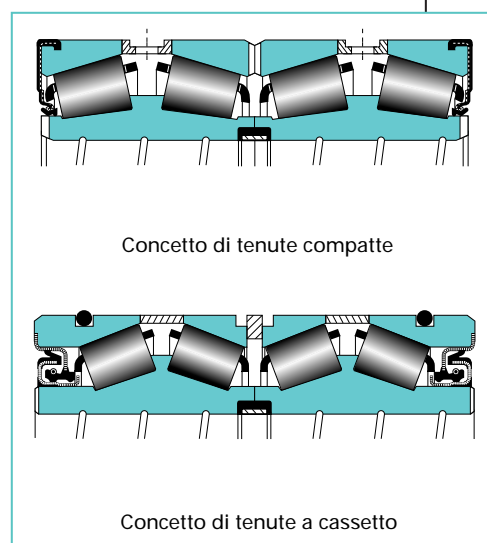



Fig. 4-22
Cuscinetti con tenute per cilindri di lavoro

Tenute statiche

In modo da garantire una completa tenuta dei cuscinetti, devono essere considerate anche le tenute statiche tra le parti non rotanti. Questo tipo di tenute, utilizzate generalmente tra il coperchio coppe e l'alloggiamento (guarnitura), si può ottenere con anelli "O ring" o guarnizioni comprimibili. Lo stesso concetto si può applicare all'albero e ai suoi componenti.

4.2.3.2. Equipaggiamenti ausiliari

Fig. 4-23

Componenti ausiliari quali aspi avvolgitori e svolgitori, gabbie pignone, riduttori e cesoie sono meno soggette ad ambienti fortemente contaminati. In questi casi, si richiedono sistemi di tenuta meno sofisticati. Per soddisfare le diverse esigenze sono commercialmente disponibili molti tipi e disegni di tenute radiali a labbro.

In ambienti più puliti, dove l'esigenza primaria è il mantenimento del lubrificante all'interno dell'alloggiamento dei cuscinetti, si usa spesso una singola tenuta radiale con il labbro orientato verso l'interno.

Fig. 4-24

In ambienti contaminati, il labbro è abitualmente orientato verso l'interno come mostrato in Fig. 4-24.

In ambienti ancora più critici, si utilizzano spesso tenute a doppio labbro o due tenute accoppiate. In presenza di condizioni estremamente contaminate, si possono utilizzare come prima tenuta degli schermi aggiuntivi (labirinti) in modo da offrire una prima protezione al labbro della tenuta, evitando usure e precoci danneggiamenti al labbro stesso.

In caso di lubrificazione a grasso ed ambiente pulito, si possono utilizzare schermi in lamierino stampato. Dove le condizioni ambientali sono contaminate, questi schermi sono spesso usati in combinazione con altri elementi di protezione per fornire un efficace labirinto contro l'entrata di contaminanti.

Fig. 4-25 Tenuta meccanica con deflettore e labirinto

Per un sistema di ritenzione del lubrificante ed esclusione del materiale estraneo più efficiente, si utilizza anche un deflettore lavorato abbinato ad un coperchio con gole anulari nella parte stazionaria, come mostrato in Fig. 4-25.

4.2.3.3. Applicazioni verticali

Applicazioni ad asse verticale richiedono sistemi di tenute speciali, particolarmente quando i cuscinetti sono lubrificati ad olio. Un buon approccio è di evitare che l'olio entri in contatto diretto con la tenuta.

Nel caso di sistemi a circolazione d'olio, una delle migliori soluzioni è l'utilizzo di un sistema di schermi, come mostrato in Fig. 4-26, che crea un serbatoio. Un foro di scarico nella parte inferiore di tale serbatoio evacuerà l'olio.

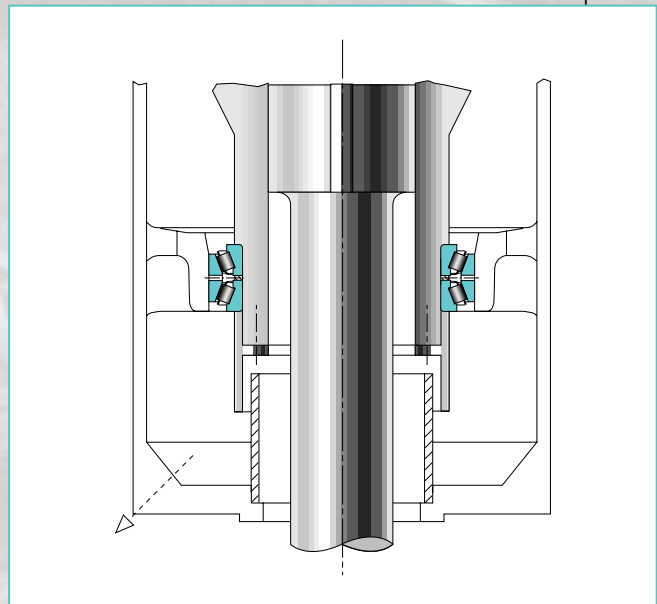



Fig. 4-26

Nel caso di sistemi di lubrificazione a grasso, per esempio nei rulli verticali, si incorporano spesso labirinti con tenute radiali a labbro.

Sistemi di tenuta più sofisticati si possono ottenere sulla parte superiore del rullo se i labirinti sono disegnati sul piano superiore alla faccia del rullo stesso (come mostrato in Fig. 4-27). Questo potrà impedire all'acqua di entrare direttamente nel cuscinetto.

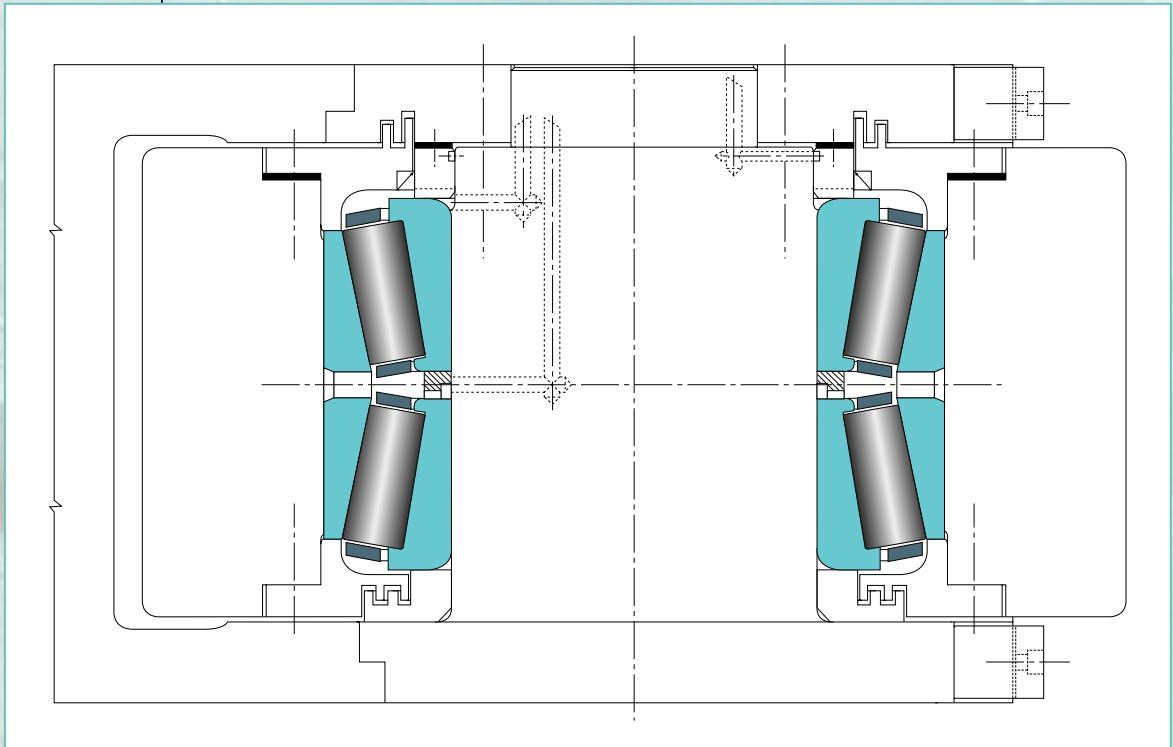



Fig. 4-27
Tenute per rullo verticale

Un adeguato sistema di tenute dovrebbe essere la considerazione principale nella ricerca delle massime prestazioni del cuscinetto.

5. Procedure di montaggio e di manutenzione

ATTENZIONE

Non far mai ruotare un cuscinetto con aria compressa. La forza dell'aria compressa può far espellere i rulli ad alta velocità, creando il rischio di danni alle persone.

Una corretta manutenzione e manipolazione risultano fondamentali. Errori nel seguire le istruzioni di installazione ed una impropria manutenzione possono creare danni agli impianti, con il rischio di danni alle persone.

Evitare di lavare o pulire i cuscinetti in ambienti chiusi. I vapori dei solventi sono tossici ed esplosivi. Assicuratevi che ci sia una adeguata ventilazione e l'assenza di fiamme libere, di saldature in corso o di sigarette accese in zona. Errori nel seguire queste istruzioni possono creare il rischio di danni alle persone.

Se per rimuovere un cuscinetto si utilizza un attrezzo in acciaio dolce, frammenti di questo o del cuscinetto possono staccarsi ad una velocità sufficiente da creare seri rischi di danni alla persona compresi gli occhi della stessa.

5.1 Procedure di installazione e montaggi tipici

5.1.1. Procedura di marcatura dei cuscinetti

5.1.1.1. Identificazione dei cuscinetti

Il **Riferimento o Simbolo** è marcato su ogni componente Timken (coni, coppe e distanziali). Il simbolo della coppa è stampato sulla superficie della sua faccia più larga per le coppe singole e sulla superficie di una delle due facce laterali per le coppe doppie. Per i coni singoli il riferimento è stampato sulla superficie maggiore del cono, mentre per i coni doppi sulla superficie minore.

Il **Numero Progressivo** è anche marcato su tutti i componenti per indicare la sequenza di produzione. Tutte le coppe, coni e distanziali in un assemblaggio di cuscinetti saranno marcati con lo stesso numero progressivo e dovranno essere tenuti assieme.

Il **marchio Timken** e il paese di origine sono pure indicati su ogni coppa e cono.

Il valore del **Gioco al Banco (BEP) o Precarico al Banco (BPL)** per assemblaggi preregistrati e la corrispondente larghezza del distanziale sono riportati sul diametro esterno dei distanziali del cono e della coppa.

5.1.1.2. Marcatura per un corretto assemblaggio

Quando un cuscinetto a più file di rulli viene assemblato, per poter avere la corretta registrazione si dovrà seguire una adeguata sequenza di assemblatura.

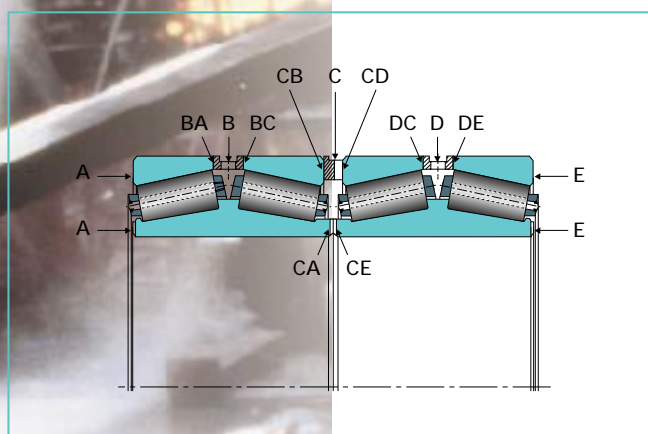



Fig. 5-1
Sequenza di assemblaggio per 2TDIWE

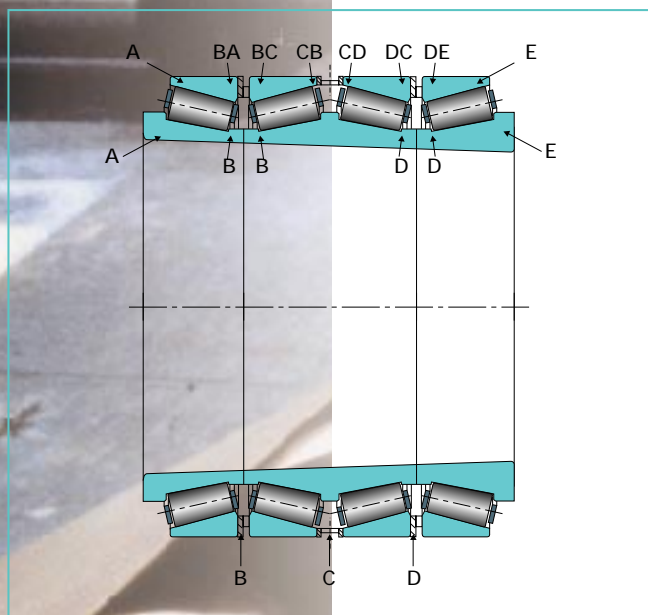
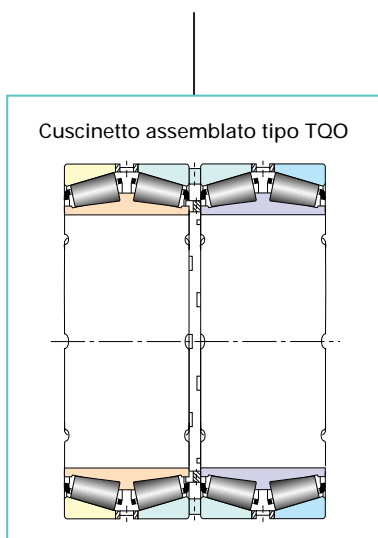



Fig. 5-2
Sequenza di assemblaggio per TQITS

La Società Timken usa un sistema a lettere per assicurare il corretto ordine di assemblaggio.

Questo sistema a lettere si applica a tutti gli assemblaggi con 3 o più file di rulli (ved. Figure 5-1, 5-2 e 5-3). I componenti dell'assemblaggio sono identificati con lettere in ordine alfabetico. Queste lettere sono marcate su ciascun lato delle coppe e dei coni dopo il numero progressivo, mentre i distanziali sono marcati sui diametri esterni.

I componenti di un cuscinetto possono essere assemblati iniziando con la prima o l'ultima lettera, ma è importante che questi siano tenuti nella sequenza corretta. Ciascun distanziale (del cono o della coppa) deve essere piazzato nel suo spazio corrispondente.

Ogni assemblaggio preregistrato ha un numero progressivo e tutti i componenti di questo cuscinetto devono essere tenuti assieme.

5.1.1.3. Marcatura della zona di carico della coppa

Poiché le coppe del cuscinetto sono stazionarie nelle guarniture, solo una parte della coppa porta il carico di laminazione in un dato momento. Questa parte è definita zona di carico.

La maggior parte delle coppe dei cuscinetti per cilindri sono marcate sulle loro facce per indicare quattro quadranti. Queste marcature su entrambe le superfici, maggiore e minore, delle coppe Vi permette di annotare su apposite schede quale quadrante è stato usato nella zona di carico. Un buon metodo è di montare il cuscinetto con il quadrante numero 1 di ciascuna coppa nella zona di carico, quindi di passare al 2, 3 e 4 nelle ispezioni successive ; la procedura sarà quindi ripetuta iniziando dal numero 1. La scheda di Registrazione della Manutenzione dei Cuscinetti dei Cilindri (ved. capitolo 5.2.4.2.) offre un valido mezzo per mantenere una registrazione delle zone di carico utilizzate della coppa.

La rotazione delle coppe ad ogni ispezione estenderà la durata utile del cuscinetto distribuendo uniformemente il carico su tutta la lunghezza della pista della coppa.

In tutti i casi, qualsiasi scheggiatura sulla pista della coppa che è stata asportata dovrebbe rimanere al di fuori della zona di carico quando il cuscinetto viene rimontato nella guarnitura.

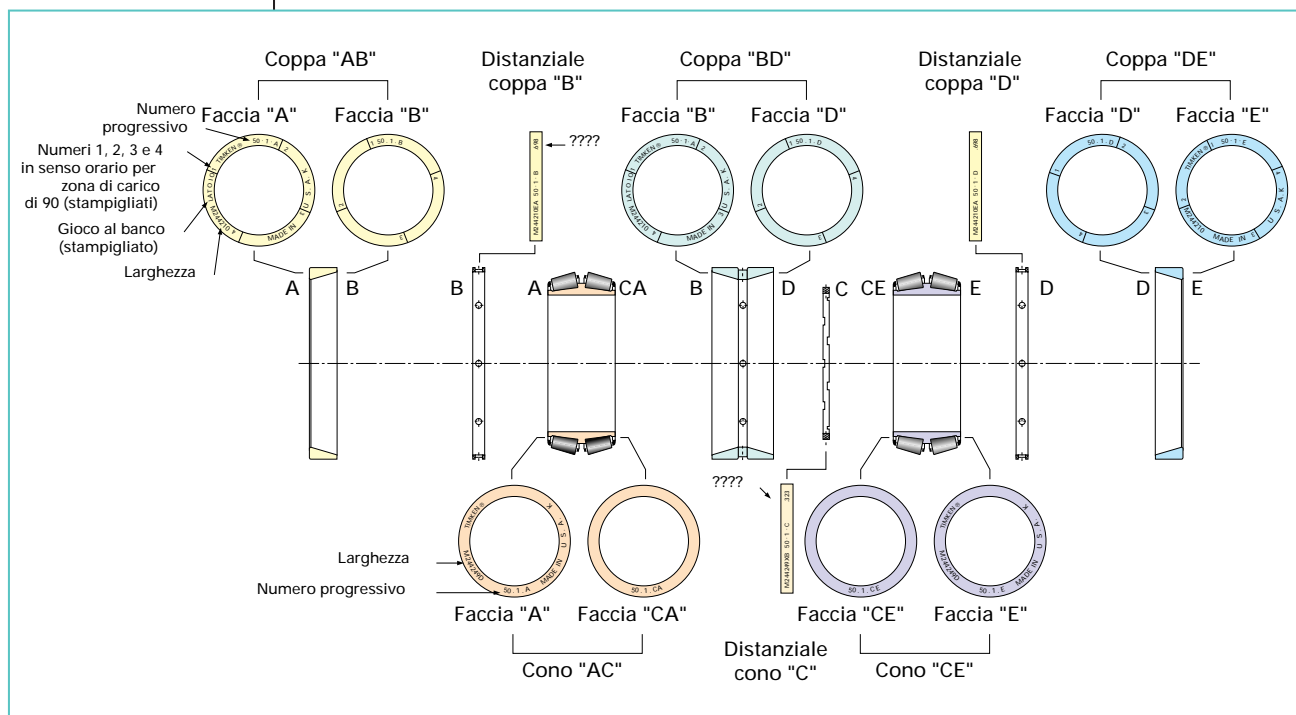



Fig. 5-3
Marcatura dei cuscinetti TQO Timken

5.1.2. Gabbie dei laminatoi

5.1.2.1. Cilindri di appoggio

Montaggi tipici di cuscinetti a quattro file di rulli per cilindri di laminatoi sono :

- Assemblaggi TQOW o 2TDIW

Questi cuscinetti ad alesaggio cilindrico sono utilizzati in applicazioni dove i coni sono montati liberi sui colli dei cilindri.

- Assemblaggi TQITS o Assemblaggi TQITSE

Questi cuscinetti ad alesaggio conico sono utilizzati sui colli di cilindri di laminatoi ad alta velocità e di precisione. Si utilizzano coni ad alesaggio conico per ottenere un montaggio con interferenza sul collo del cilindro.

Assemblaggi TQOW - 2TDIW

Le Figure 5-4 e 5-5 mostrano un cuscinetto TQOW ed un 2TDIW, entrambi a quattro file di rulli, montati sul collo di un cilindro. Una guarnitura è resa fissa nella spalla della gabbia attraverso placche di ritegno mentre la guarnitura opposta è flottante.

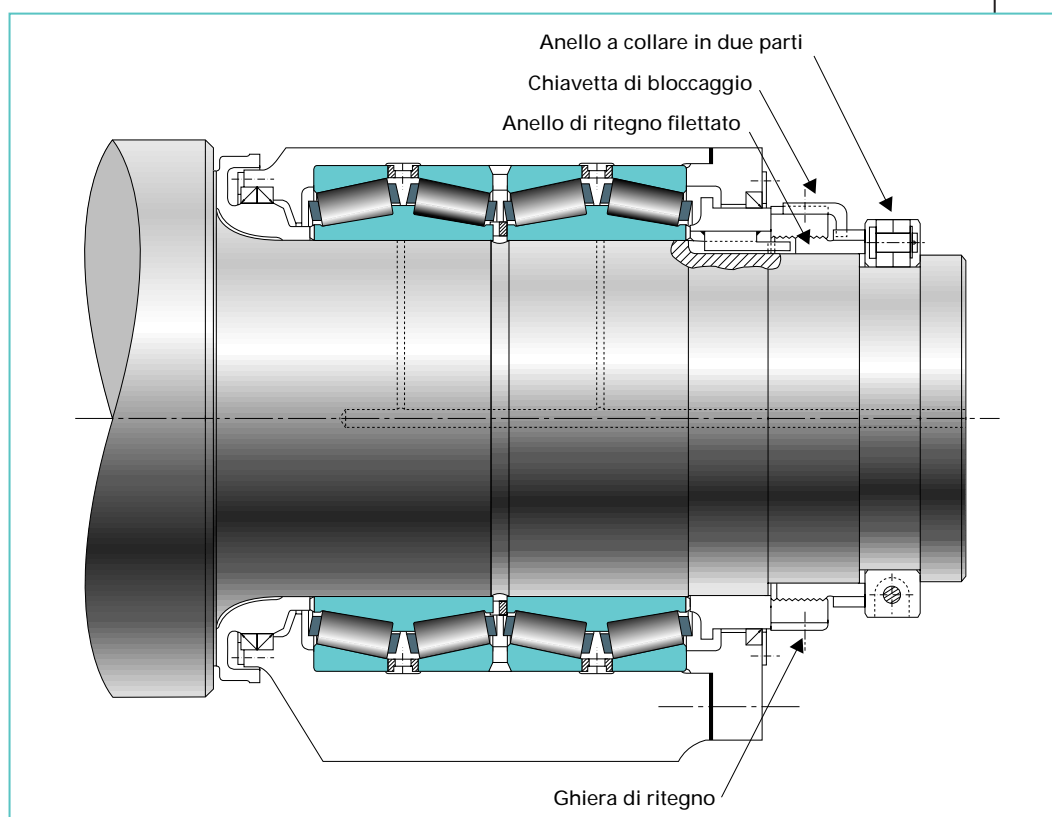
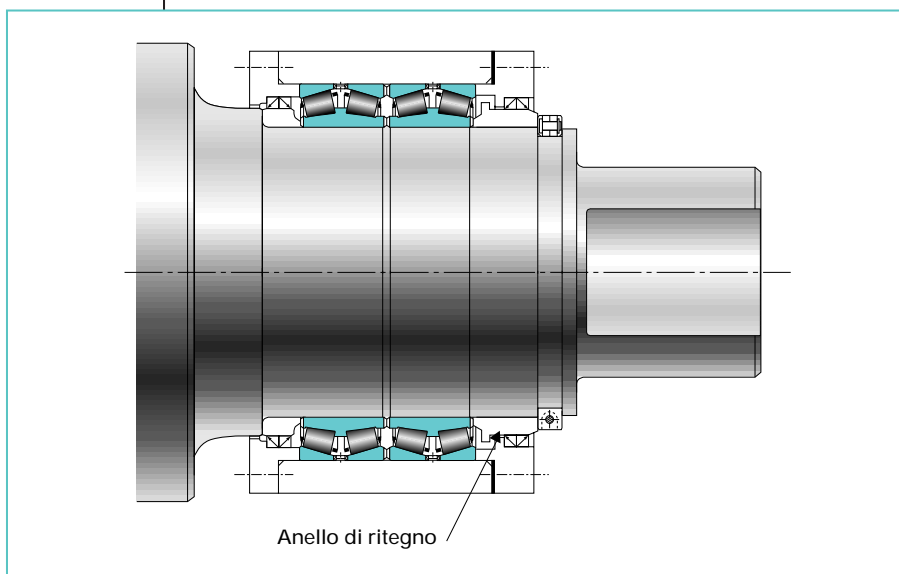



Fig. 5-4
Configurazione di montaggio di un TQOW con ghiera di ritegno

Fig. 5-5
Configurazione di montaggio di un 2TDIW con tolleranze ridotte senza ghiera di bloccaggio

Le coppe sono bloccate assialmente in tutti i montaggi. Le basse velocità permettono ai coni di essere montati con accoppiamento libero sul collo del cilindro. Per prevenire usura sulle facce dei coni nel caso di strisciamento sul collo, si prevede un gioco assiale da 0,5 ad 1 mm o anche superiore nel caso di cuscinetti molto grandi. Il sistema più comune è di utilizzare una ghiera di bloccaggio (Fig. 5-4). Questa ghiera dovrebbe avere un numero di intagli sulla sua circonferenza per un bloccaggio di sicurezza nella posizione idonea. Il numero di intagli corrisponde generalmente al doppio del passo in millimetri, ciò che permette di ottenere il gioco assiale richiesto con un solo intaglio sull'anello di ritegno filettato. Per evitare lo svitamento della ghiera si usa poi una chiavetta di bloccaggio. Questo gioco assiale può anche essere ottenuto specificando tolleranze molto ristrette sulla larghezza del cuscinetto (tolleranza totale inferiore a 0,500 mm) e del distanziale di appoggio. La ghiera di bloccaggio non è quindi più necessaria (Fig. 5-5).

Intagli o scanalature sono generalmente previste sulle facce dei coni (tipi TQOW e 2TDIW) per permettere al lubrificante di passare tra la superficie del collo ed il diametro interno del cuscinetto. In casi dove le scanalature non esistono sulle facce dei coni (tipo TQO), queste scanalature dovrebbero essere previste sulle facce dell'anello intermedio e del distanziale lato tavola. La durezza di queste facce dovrebbe essere generalmente compresa tra 55 e 60 HRC in modo da prevenire eccessive usure.

L'assemblaggio guarnitura e cuscinetto possono quindi essere rimosse come una unità completa dal collo del cilindro sbloccando e rimuovendo il dispositivo di ritegno. Questa unità può essere facilmente trasferita da un cilindro all'altro proteggendo contemporaneamente gli elementi rotanti e prevenendo qualsiasi contaminazione del cuscinetto.

Procedure di montaggio per cuscinetti TQOW e 2TDIW

????????
????????
????????

La procedura di assemblaggio consiste dei seguenti passaggi :

1 Pulire bene il collo del cilindro e spalmarlo di lubrificante per prevenire rigature ed usura,

2 Montare l'assemblaggio cuscinetto e guarnitura sul collo del cilindro,

3 Installare il dispositivo di ritegno :

- Assemblare l'anello a collare in due parti nella gola di ritegno sul collo. La procedura di montaggio, per quei casi dove non è prevista la ghiera di bloccaggio, è quindi completata,
- Nei casi dove si utilizza la ghiera di bloccaggio, svitare la ghiera di alcuni decimi di mm in funzione del tipo di laminatoio e di bloccaggio. Prima di questo si deve ottenere un gioco assiale zero nei coni.

Procedure di smontaggio per cuscinetti TQOW e 2 TDIW

La procedura di smontaggio consiste nei seguenti passaggi :

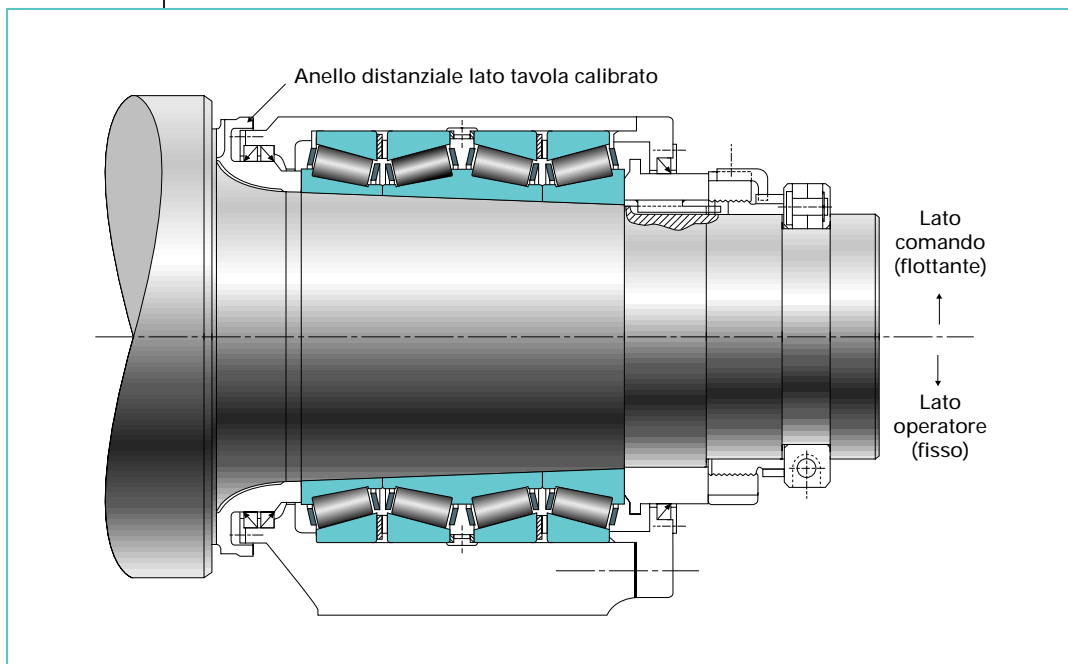
1 Supportare il cilindro del laminatoio sul diametro esterno della tavola. Assicurarsi che la guarnitura non supporti il peso del cilindro,

2 Rimuovere l'anello a collare (dopo aver allentato la ghiera di circa mezzo giro se si usa tale dispositivo e se necessario),

3 Smontare l'assemblaggio cuscinetto-guarnitura dal collo del cilindro.

Assemblaggi TQITS

La Figura 5-6 mostra un cuscinetto TQITS a quattro file montato su un collo di cilindro. Le coppe di questo tipo di cuscinetto sono solamente bloccate dal lato fisso od operatore. Dal lato flottante o lato comando, le coppe possono muoversi assialmente nell'alesaggio della guarnitura a causa del gioco assiale tra le coppe e le facce del coperchio. Il lato comando può muoversi non solo attraverso le coppe del cuscinetto, ma anche attraverso la guarnitura nella spalla del laminatoio. Questa configurazione permette la libera dilatazione e contrazione del cilindro provocata dalle variazioni di temperatura nel cilindro.

Fig. 5-6 Assemblaggio di cuscinetto TQITS

I coni sono montati su un collo con conicità 1/12 e forzati contro un distanziale lato tavola propriamente dimensionato e mantenuto in posizione con un adeguato sistema di bloccaggio. Per mantenere il massimo effetto di presa dovuto all'accoppiamento forzato dei coni sul collo si richiede un collo del cilindro del pulito ed asciutto. Il distanziale lato tavola calibrato determinerà l'interferenza corretta tra i coni ed il collo cilindro. Poiché l'alesaggio dei coni è rettificato con una tolleranza inferiore a 0,008 mm, tutti i cuscinetti sono intercambiabili sul collo cilindro.

L'alesaggio conico del cuscinetto TQITS, utilizzando coni montati forzati, soddisfa tutte le esigenze dei laminatoi ad alta velocità. Il montaggio forzato e la configurazione a montaggio indiretto forniscono una grande stabilità tra i coni ed il collo. Il risultato è una migliore distribuzione del carico tra le quattro file del cuscinetto. Questa configurazione permette anche un migliore profilo del raggio di raccordo e colli con maggior diametro, ottenendo minori sollecitazioni e flessioni del collo.

Normalmente si utilizza un accoppiamento forzato di 0,00075 mm per mm di alesaggio, che corrisponde ad una pressione di contatto di 14-15 Mpa per il cono interno con la sezione minore. Per ridurre la forza di spinta necessaria a posizionare i tre coni contemporaneamente, proponiamo un accoppiamento forzato differenziato per il cono centrale doppio e per quello esterno a più forte sezione. Per mantenere la stessa pressione di contatto del cono interno si suggerisce un accoppiamento forzato ridotto. Se si considera lo stesso accoppiamento forzato per i tre coni, la pressione di contatto sarà maggiore per il cono doppio centrale e per il cono esterno per la loro maggiore sezione (con l'accoppiamento forzato differenziato, la forza di spinta diminuirà di circa il 20 %).

Assemblaggi TQITSE

Le Figure 5-7 mostrano un cuscinetto TQITSE a quattro file con un'estensione sull'anello interno lato tavola per fornire una superficie indurita, concentrica e liscia per le tenute a labbro radiale.

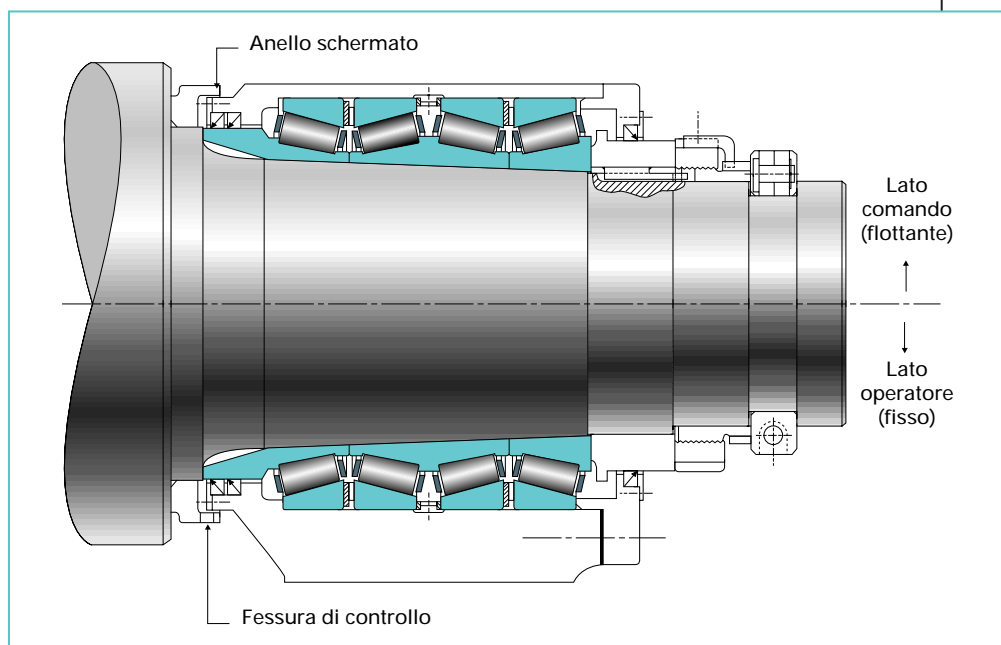



Fig. 5-7a Assemblaggio di cuscinetto TQITSE

Questa configurazione di cuscinetto con cono esteso ha i seguenti vantaggi rispetto al cuscinetto tipo TQITS originale :

- La sede delle tenute è indurita, rettificata e concentrica rispetto alle piste del cuscinetto,
- La guarnitura ed il cuscinetto formano un assemblaggio unità con tenute,
- I labbri delle tenute sono orientati verso l'esterno per la massima efficienza,
- L'estensione del cono protegge le tenute durante la manipolazione,

- L'anello distanziale lato tavola viene eliminato e accorciato,
- La rigidezza del collo cilindro viene aumentata portando il centro del cuscinetto più vicino al corpo del cilindro,
- Si utilizzano cilindri più corti e meno costosi.

L'aggiunta di un anello schermato montato forzato sullo spallamento del cilindro aumenta ulteriormente l'efficienza globale del sistema di tenute. Questo protezione aggiunta protegge le tenute da danneggiamenti, particolarmente se si prevedono seri problemi i dovuti all'acqua, scaglie e liquidi di laminazione. Una fessura o un foro deve essere previsto nel diametro esterno di questo anello schermato per permettere un controllo visivo del sicuro appoggio del cuscinetto contro lo spallamento del cilindro durante l'assemblaggio (Fig. 5-7a).

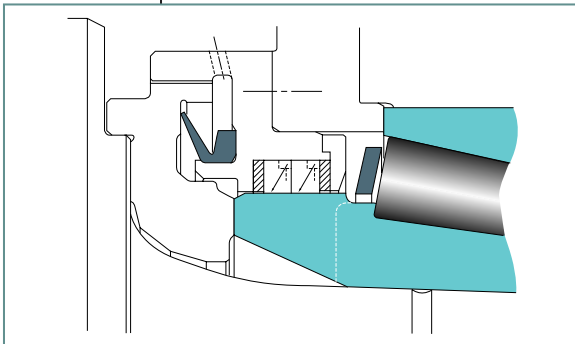



Fig. 5-7b

In qualche caso, si aggiunge un piccolo distanziale lato tavola (Fig. 5-7b) per evitare la rettifica dello spallamento del cilindro ed ottenere il corretto accoppiamento forzato del cono. Questo piccolo distanziale lato tavola potrà quindi sostituire la funzione dell'anello schermato. Tale disegno potrà permettere anche un migliore raggio composito del collo.

Dispositivi di misura per colli conici di cilindri

La Società Timken assisterà i progettisti dei costruttori di laminatoi e gli utilizzatori nell'utilizzo e nel procurarsi i dispositivi necessari per un assemblaggio e manipolazione efficiente di cuscinetti per colli cilindro ad alesaggio conico. I seguenti disegni tipici sono stati provati su molti tipi di laminatoi.

1. *Barra seno per controllo della conicità e dimensioni dei colli conici dei cilindri.*

La Fig. 5-8 mostra una barra seno montata su un collo conico.

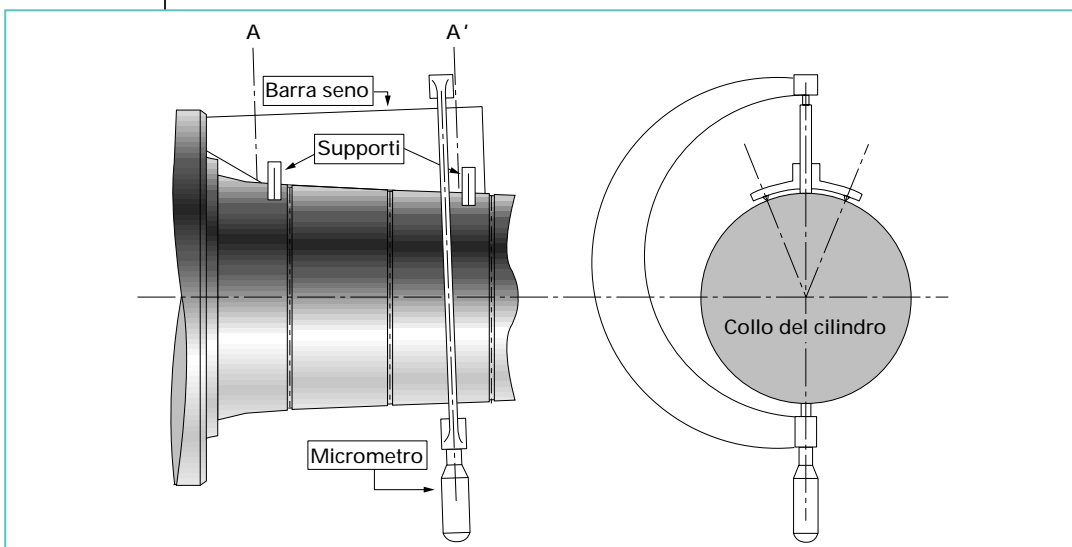



Fig. 5-8
Disposizione della barra seno

La barra seno permette il controllo della conicità e delle dimensioni del collo cilindro conico usando un micrometro per esterni convenzionale. Il controllo della conicità del collo cilindro si ottiene prendendo le letture al micrometro alle due estremità della bara seno. La procedura utilizzata è la seguente :

1. Pulire le superfici del collo del cilindro, lo spallamento e le superfici di lettura della barra seno.
2. Posizionare la barra seno sul collo del cilindro e muoverla sulla generatrice conica fino a portarla in contatto con lo spallamento della tavola. Regolare i supporti della barra seno in modo che resti sul cilindro in un piano radiale verticale che contenga l'asse del cilindro.
3. Controllare con una luce per verificare che la barra seno sia in contatto con il collo e con lo spallamento.
4. Utilizzare un micrometro da esterni per misurare lungo le superfici di lettura della bara e del collo cilindro.

- Perché l'angolo sia corretto, la differenza tra le misure fatte in A e in A' (Fig. 5-8) non deve superare i 0,025 mm per i cuscinetti di grosse dimensioni.
- In più, per il controllo dimensionale senza distanziale lato tavola (TQITSE) entrambe le misure A e A' devono corrispondere al valore B stampigliato sulla barra seno.

Se ci sono indicazioni relative ad errori di circolarità del collo, si dovrà effettuare un'altra misura a 90 rispetto alla prima.

Le barre seno sono fornite dalla Società Timken.

2. Calibro ad anello per definire la lunghezza del distanziale lato tavola

La Fig. 5-9 mostra come i colli del cilindro siano resi intercambiabili con qualsiasi assemblaggio guarnitura-cuscinetto. Questa figura mostra il distanziale lato tavola monatto forzato in posizione (contro lo spallamento del cilindro). Per determinare la sua lunghezza "L" per il per il particolare collo sul quale sarà poi montato, si usa generalmente un calibro ad anello (se richiesto, la Società Timken può fornire questo dispositivo).

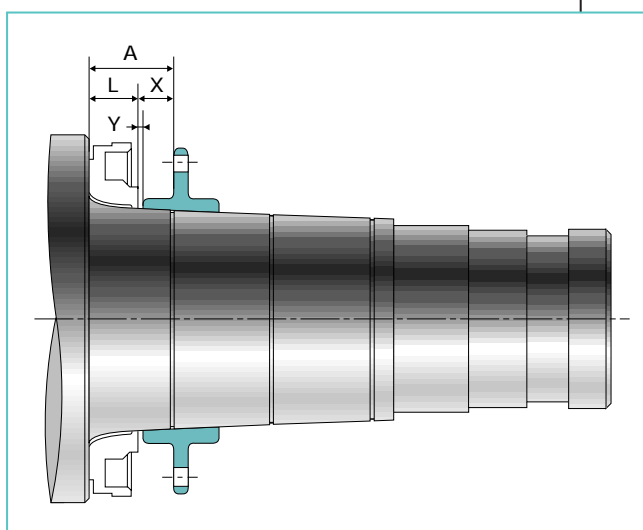
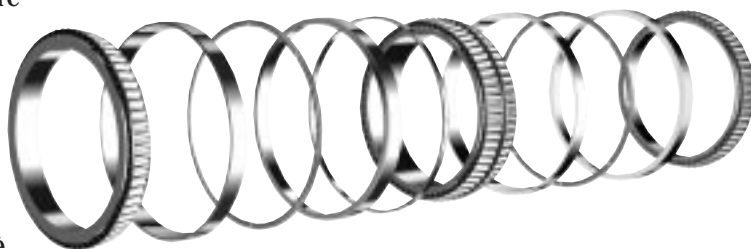



Fig. 5-9

Il calibro ad anello è montato sul collo con accoppiamento forzato. Il distanziale lato tavola sarà rettificato alla lunghezza “L” ottenuta come differenza tra il valore “A” (la distanza misurata tra la faccia della flangia del calibro ad anello e lo spallamento del cilindro) ed il valore “X” che è stampigliato sulla flangia del calibro ad anello. Nella maggior parte dei casi la lunghezza del distanziale lato tavola è finita di rettifica dopo montaggio sul collo del cilindro per ottenere la migliore geometria (perpendicolarità e parallelismo). Per permettere questa operazione, ci dovrà essere sufficiente sovrametallo.

Una seconda dimensione “Y” è anche stampigliata sulla flangia del calibro ad anello, che da la distanza richiesta tra la faccia del calibro ad anello e la faccia del distanziale lato tavola. Questo valore è utilizzato per verificare la lunghezza “L” del distanziale in misura dopo il suo montaggio sul collo del cilindro.

Il distanziale lato tavola rimarrà quindi sul collo del cilindro come un elemento permanente per tutta la durata del cilindro. Quando il cilindro ha esaurito la sua durata utile e viene scartato, il distanziale lato tavola può essere rimosso ed utilizzato su un altro cilindro. Tuttavia, per ristabilire la corretta lunghezza per il nuovo collo si dovrà ripetere la stessa procedura di misurazione descritta precedentemente.

La procedura descritta precedentemente è richiesta anche per quei casi dove si utilizza un piccolo distanziale lato tavola con l’assemblaggio TQITSE (cono esteso).

Nel caso dove il cono esteso di un assemblaggio TQITSE è direttamente in contatto con lo spallamento della tavola, non è più necessario il dispositivo indicato. Esso potrebbe tuttavia essere usato per controllare se il collo del cilindro è stato correttamente lavorato.

Procedure di montaggio per cuscinetti TQITS e TQITSE

Per montare un cuscinetto ad alesaggio conico a quattro file di rulli sul collo del cilindro si possono considerare diverse procedure di montaggio, dopo averlo precedentemente inserito nella sua guarnitura.

1. Martinetto idraulico ad anello

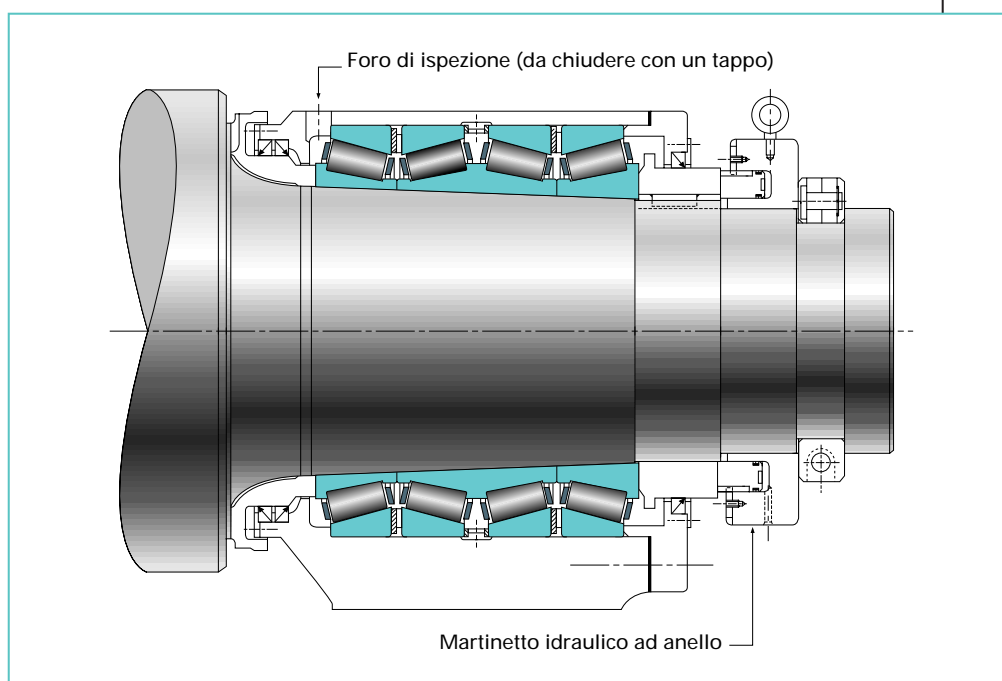



Fig. 5-10
Montaggio con un martinetto idraulico ad anello

La Fig. 5-10 mostra un assemblaggio completo cuscinetto e guarnitura montato sul collo del cilindro utilizzando un martinetto idraulico ad anello. La procedura di assemblaggio consiste dei seguenti punti :

1. Rimuovere tutto l'olio e/o il grasso dalle superfici del collo del cilindro e dell'alesaggio del cono. Assicurarsi che non ci siano perdite di lubrificante dal cuscinetto durante questa operazione,
2. Assemblare il cuscinetto e la guarnitura sul collo del cilindro,
3. Assemblare il martinetto idraulico in posizione. Il pistone del martinetto deve essere completamente retratto,
4. Assemblare l'anello a collare nella gola del collo.

5. Applicare una pressione idraulica al martinetto con una pompa idraulica adatta. Assicurarsi, facendo attenzione, che la pressione usata per montare il cuscinetto non superi il limite di sollecitazione a trazione della sezione dello spallamento dell'anello a collare (la pressione di spinta è normalmente compresa tra 30 e 40 MPa),
6. Usando uno spessimetro, controllare attraverso il foro di ispezione che i coni siano in appoggio contro il distanziale lato tavola o contro lo spallamento del cilindro per la versione estesa del cono,
7. Scaricare la pressione e spingere indietro il pistone,
8. Rimuovere l'anello a collare,
9. Rimuovere il martinetto idraulico
10. Istallare il sistema di bloccaggio stabilito,
11. Reistallare l'anello a collare,
12. Fissare energicamente il cuscinetto assemblato in posizione e bloccare nella posizione forzata più vicina. Il dispositivo di fissaggio deve essere adeguatamente bloccato in modo da mantenere l'accoppiamento forzato ottenuto con il martinetto idraulico.

La ghiera di fissaggio possiede un numero di cave equamente spaziate sulla sua periferia per aiutare a ruotarla in posizione. L'anello di ritegno filettato ha un foro od una cava in più in modo da permettere il raggiungimento di un adeguato fissaggio con aumenti graduali di circa 0,050 mm. A questo punto si usa una chiavetta di bloccaggio per evitare lo svitamento della ghiera di fissaggio.

2. Chiave idraulica

La Fig. 5-11 mostra un assemblaggio completo cuscinetto e guarnitura montato sul collo del cilindro utilizzando una chiave idraulica.

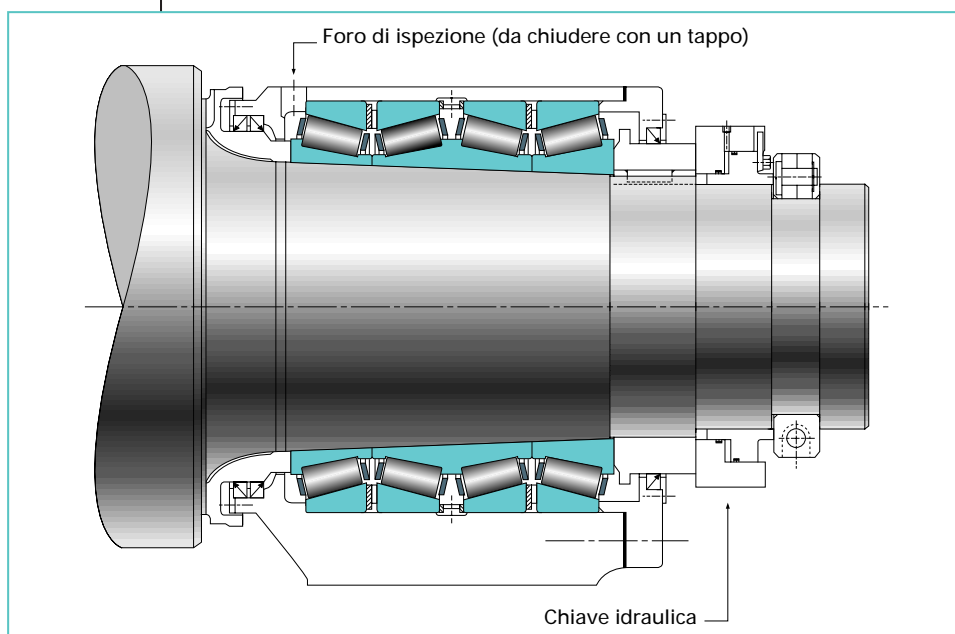



Fig. 5-11
Montaggio con una chiave idraulica

Questo dispositivo permette un rapido montaggio del cuscinetto sul collo del cilindro e con la stessa procedura per i primi 6 punti come per il martinetto idraulico. Assicurarsi che l'anello della chiave idraulica sia completamente retratto durante l'assemblaggio sul collo del cilindro.

1 - 6 stessa procedura del martinetto idraulico,

7 Scaricare la pressione e tappare l'entrata dell'olio,

8 Con l'anello della chiave idraulica mantenuto stazionario, ruotare l'anello esterno della chiave idraulica nella direzione della freccia e bloccare con la piastra di bloccaggio nella posizione forzata più vicina.

Gli anelli interno ed esterno avranno un numero di cave che permetterà all'operatore di ottenere un adeguato fissaggio con aumenti graduali di circa 0,050 mm. La chiave idraulica è una pare integrale del sistema "collo/cuscinetto/guarnitura".

3. Pompa idraulica

La pompa idraulica utilizzata per far funzionare il sistema martinetto idraulico o chiave idraulica dovrebbe avere una adeguata capacità volumetrica e di pressione per il montaggio e lo smontaggio di cuscinetti ad alesaggio conico a quattro file di rulli. Valvole di regolazione, convettori e tubazioni adeguate fanno parte del sistema pompa.

Per i cuscinetti di maggiori dimensioni si richiedono pompe a motore elettrico con una portata massima fino a 40 l/min ed una pressione massima di almeno 55 Mpa. Per maggiori informazioni sui sistemi disponibili si suggerisce di consultare la Società Timken. Da notare che questa pompa può anche essere usata per smontare i coni montati forzati dal collo dei cilindri.

4. Assemblaggio del cuscinetto usando un banco idraulico.

La Fig. 5-12 mostra un metodo che permette il montaggio dei cuscinetti su entrambi i lati dei colli del cilindro allo stesso tempo. Questa soluzione è definita montaggio al banco idraulico. Tale metodo è particolarmente utile quando limitazioni sulla dimensione del collo del cilindro non permettono l'utilizzo di un martinetto idraulico. Si utilizza anche per dimensioni piccole del collo del cilindro (laminatoi per filo e barre), quando sono interessate diverse gabbie e la forza di montaggio è supportata dal telaio.

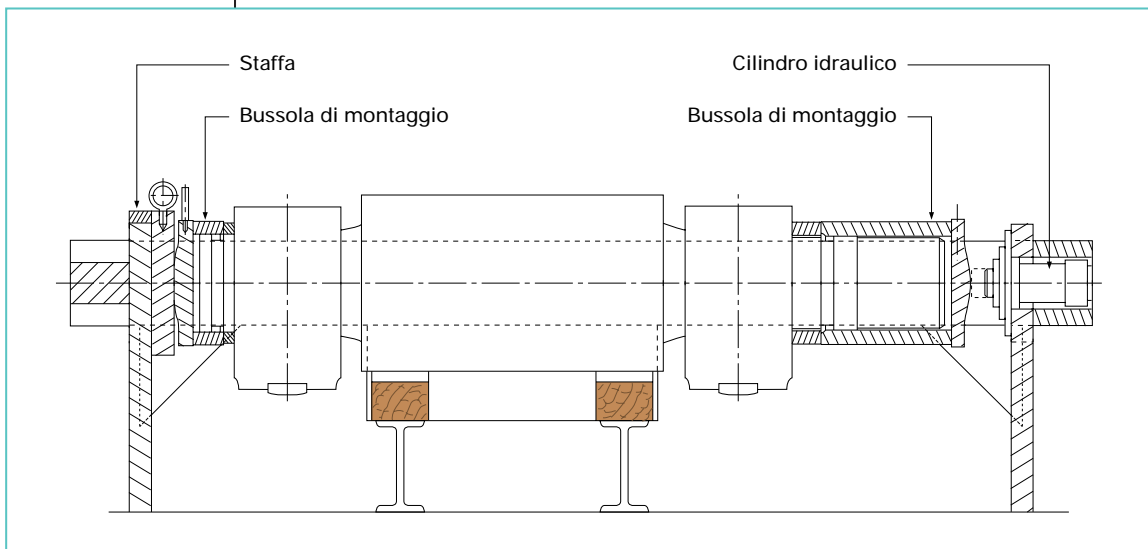



Fig. 5-12
Montaggio con un banco idraulico

Procedure di smontaggio per cuscinetti TQITS e TQITSE

I cuscinetti TQITS e TQITSE ad alesaggio conico montati sul collo di cilindri sono generalmente smontati utilizzando un sistema a pressione d'olio. Tale sistema richiede uno o tre fori assiali e fori radiali di collegamento con le gole sotto i coni esterno, centrale ed esterno del cuscinetto. Questi fori radiali e gole sul diametro esterno del collo per ciascun cono sono situati approssimativamente nella zona di pressione neutra per ciascuna sezione di cono. Le posizioni di questi fori e gole sono :

- cono singolo esterno : 1/3 della lunghezza del rullo dal lato maggiore
- cono doppio centrale : mezzeria del cono
- cono singolo interno : 1/3 della lunghezza del rullo dal lato maggiore

Ved. Fig. 5-13a

Non è necessario allentare le viti del coperchio frontale della guarnitura quando si rimuove il cuscinetto e la guarnitura dal collo del cilindro.

1. Dispositivo idraulico che utilizza il sistema di rimozione a "tre fori"

La Fig. 5-13a mostra il cuscinetto montato su un collo conico con illustrati i tre fori assiali. Ciascun foro si collega con uno dei tra fori radiali che terminano nelle gole sotto i coni esterno, centrale ed interno del cuscinetto. Questi tre fori assiali sono marcati da 1 a 3 e devono essere utilizzati in questa sequenza. Il foro numero 1 corrisponde al cono esterno, il numero 2 al cono doppio centrale ed il numero 3 al cono interno. La sequenza per la rimozione del cuscinetto e della guarnitura è la seguente :

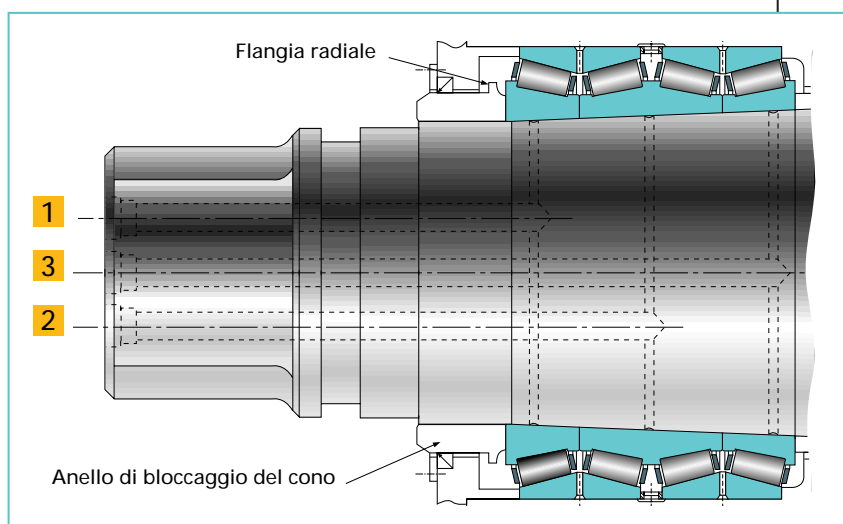



Fig. 5-13a

1. Supportare il cilindro sul diametro esterno della tavola. Assicurarsi che la guarnitura non supporti il peso del cilindro,
2. Allentare la ghiera di circa mezzo giro e rimuovere l'anello a collare. Far scorrere quindi la ghiera e l'anello filettato dal collo (mantenere la guarnitura agganciata alla gru durante tutta l'operazione per motivi di sicurezza),
3. Collegare la pompa idraulica al foro assiale per l'olio (1), il quale interseca il foro radiale che porta alla gola sotto il cono esterno,
4. Applicare all'olio una pressione sufficiente per espandere il cono e liberarlo dal collo. L'anello reggispinta del cono sarà fornito di una flangia radiale per limitare lo spostamento assale del cono esterno. La Fig. 5-13b mostra la posizione del cono dopo che questo è stato rimosso,
5. Collegare la pompa idraulica la foro assiale per l'olio (2), il quale interseca il foro radiale che porta alla gola sotto il cono doppio centrale. Applicare la pressione. L'insieme guarnitura assemblata segue il cono doppio come mostrato in Fig. 5-13c,
6. Collegare la pompa idraulica al foro assiale per l'olio (3), il quale interseca il foro radiale che porta alla gola sotto il cono interno. Applicare la pressione, così che il cono interno si stacchi come mostrato in Fig. 5-13d,
7. Rimuovere l'insieme "guarnitura-cuscinetto" dal collo.

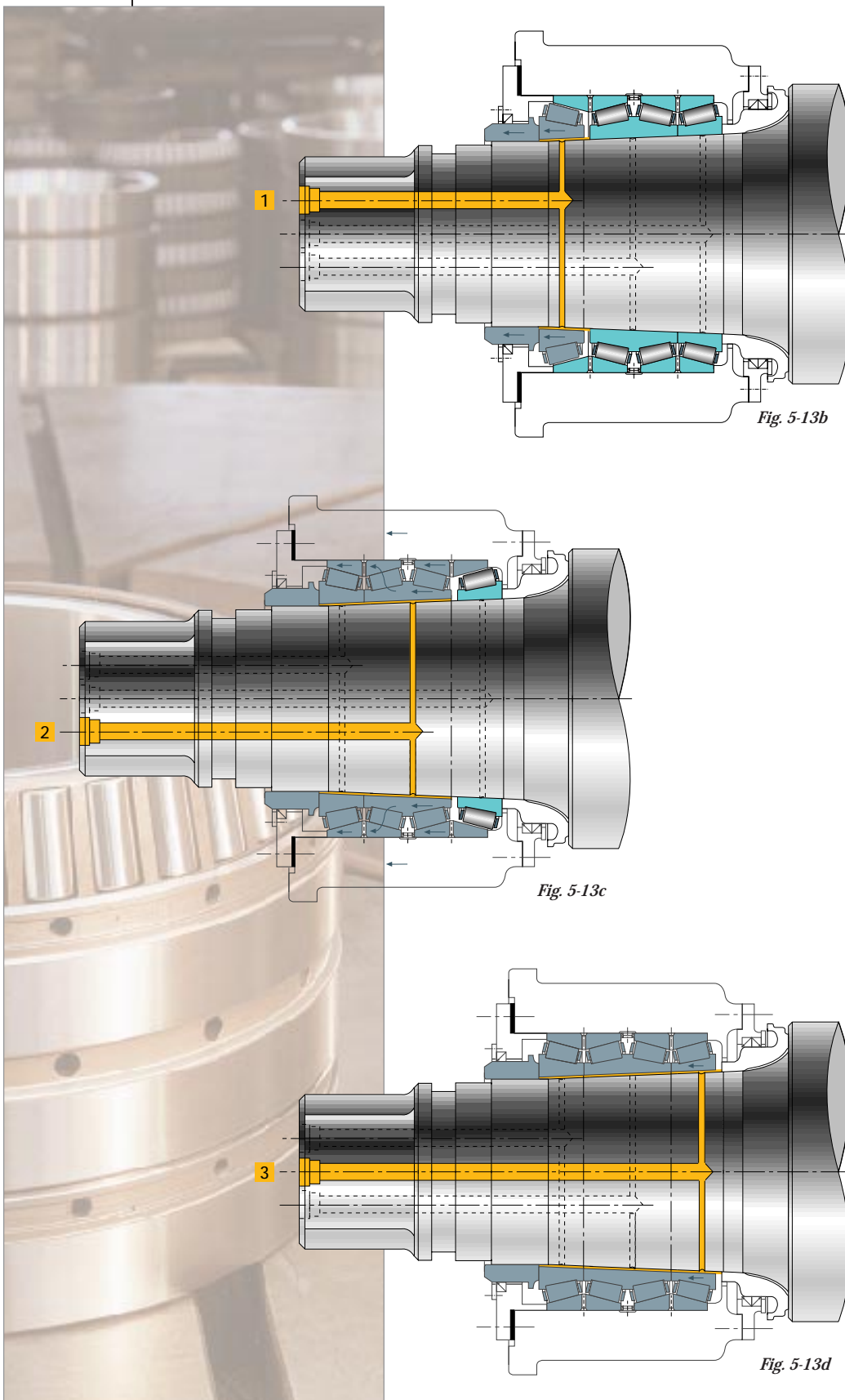
1

Fig. 5-13b

2

Fig. 5-13c

3

Fig. 5-13d

2. Dispositivo idraulico che utilizza il sistema di rimozione a "foro singolo"

La Fig. 5-14 mostra un foro assiale singolo che collega ciascuno dei tre fori radiali che portano ai tre coni del cuscinetto. Il sistema a foro singolo è non solo più economico, ma presenta anche il vantaggio di poter utilizzare un braccio idraulico che limita la pressione dell'olio ad una piccola zona nel foro. Questo sistema riduce il rischio di perdite di pressione d'olio dovute a porosità nel collo del cilindro. Tale dispositivo potrebbe anche essere usato per cilindri piccoli dove esiste una limitazione di sezione.

Fig. 5-14a

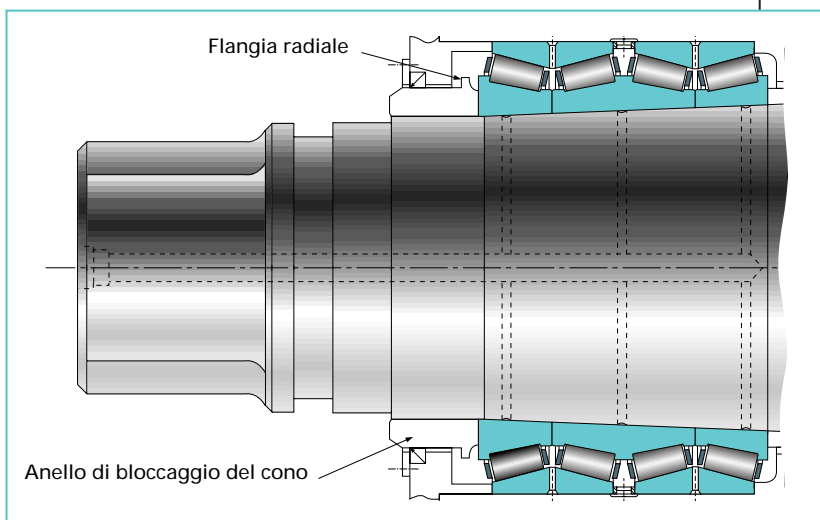
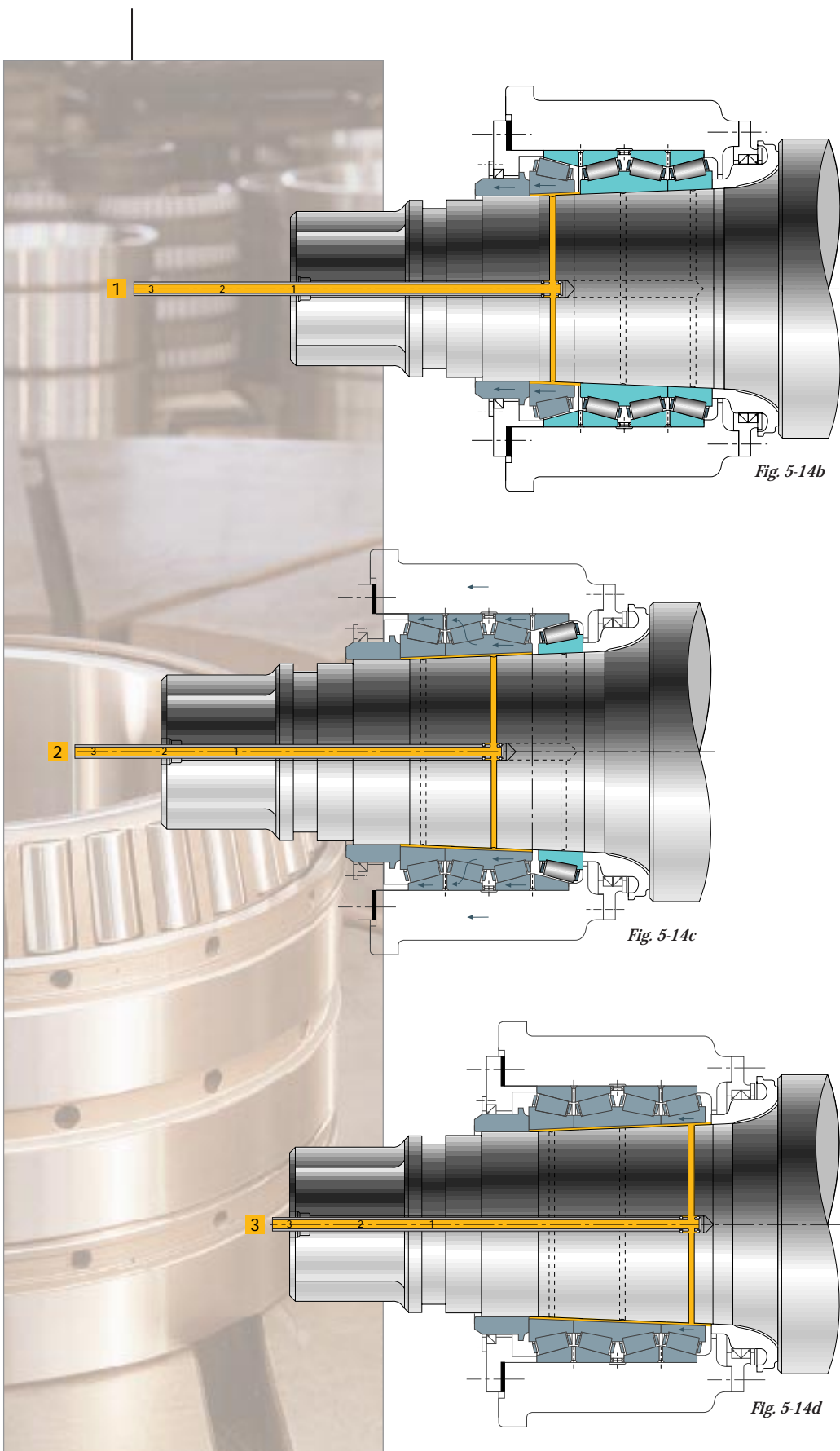
Il braccio idraulico di pressione è regolabile assialmente in corrispondenza di alcune tacche sull'esterno del condotto legate al particolare tipo di cono che deve essere rimosso. I coni interno, centrale ed esterno del cuscinetto vengono rimossi nel loro ordine relativo in perfetto accordo con il metodo generale indicato nel sistema a "tre fori". Per fare in modo che l'olio raggiunga ciascun foro radiale, come previsto, sono utilizzati degli O-ring, delle bussole di fissaggio adeguate e delle viti. La sequenza per la rimozione del cuscinetto e della guarnitura è la seguente :

1. Posizionare la testa del braccio idraulico alla tacca 1 in corrispondenza del foro radiale che porta alla gola sotto il cono esterno. Comprimere gli O-ring nella testa del braccio idraulico per ottenere la tenuta alla pressione. Applicare la pressione dell'olio per rimuovere il con esterno in accordo con la Fig. 5-14b,
2. Decomprimere gli O-ring e posizionare il braccio alla tacca 2 in corrispondenza del foro radiale che porta al cono doppio centrale. Comprimere gli O-ring, applicare la pressione e rimuovere il cono centrale come indicati in Fig. 5-14c. L'intero insieme guarnitura seguirà il cono doppio,
3. Decomprimere gli O-ring e posizionare il braccio alla tacca 3 in corrispondenza del foro radiale che porta al cono interno. Comprimere gli O-ring, applicare la pressione e rimuovere il cono interno come indicati in Fig. 5-14d,
4. Rimuovere l'insieme "guarnitura-cuscinetto" dal collo.

Fig. 5-14b

Fig. 5-14c

Fig. 5-14d

3. Smontaggio meccanico

Un metodo alternativo per la rimozione di cuscinetti di piccole dimensioni (fino a 250 mm di alesaggio) consiste nel disporre di una flangia di tiro che appoggiandosi alla guarnitura, consente di estrarre la guarnitura ed il cuscinetto dal collo del cilindro tirando sulla guarnitura. Per eliminare ogni possibilità di danneggiamento della gabbia del cono lato interno, è stato disegnato un cuscinetto TQITSE con uno spallamento per il tiro integrato nel cono come mostrato in Fig. 5-15.

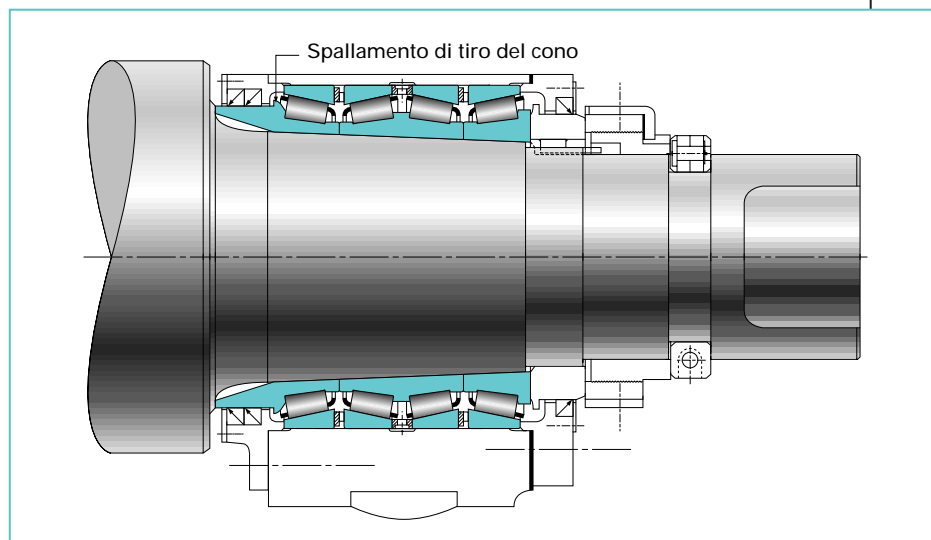
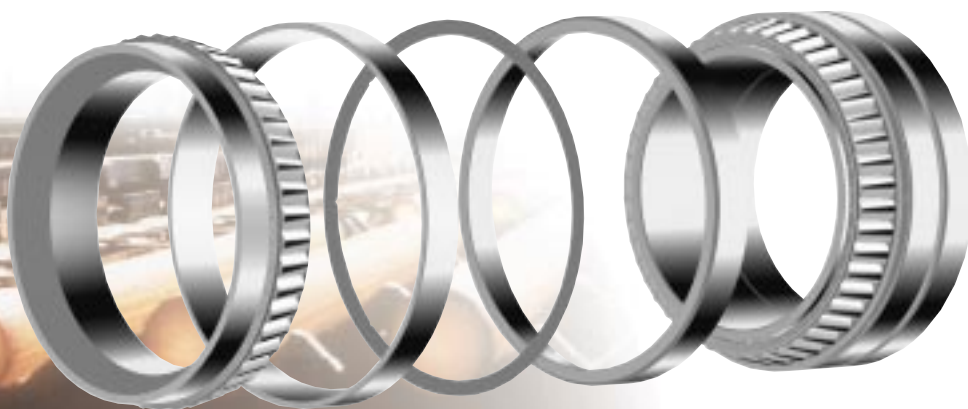



Fig. 5-15

Con un adeguato disegno della guarnitura (distanziale lato tavola) è possibile ottenere una simile configurazione anche con cuscinetti TQITS.

Eliminando la foratura assiale ed i fori radiali nel collo del cilindro normalmente provvisti con sistemi di rimozione idraulica, si può ridurre notevolmente il costo del cilindro. Questo tipo di smontaggio è principalmente utilizzato per laminatoi a più gabbie come laminatoi per barre e per filo (lo stesso si applica agli assemblaggi TNAT).

5.1.2.2. Cilindri di lavoro

I cuscinetti per cilindri di lavoro sono nella maggior parte montati con accoppiamento libero sui colli del cilindro. Oltre agli assemblaggi TQOW e 2TDIW si possono utilizzare anche i cuscinetti 3TDIW (Fig. 5-16).

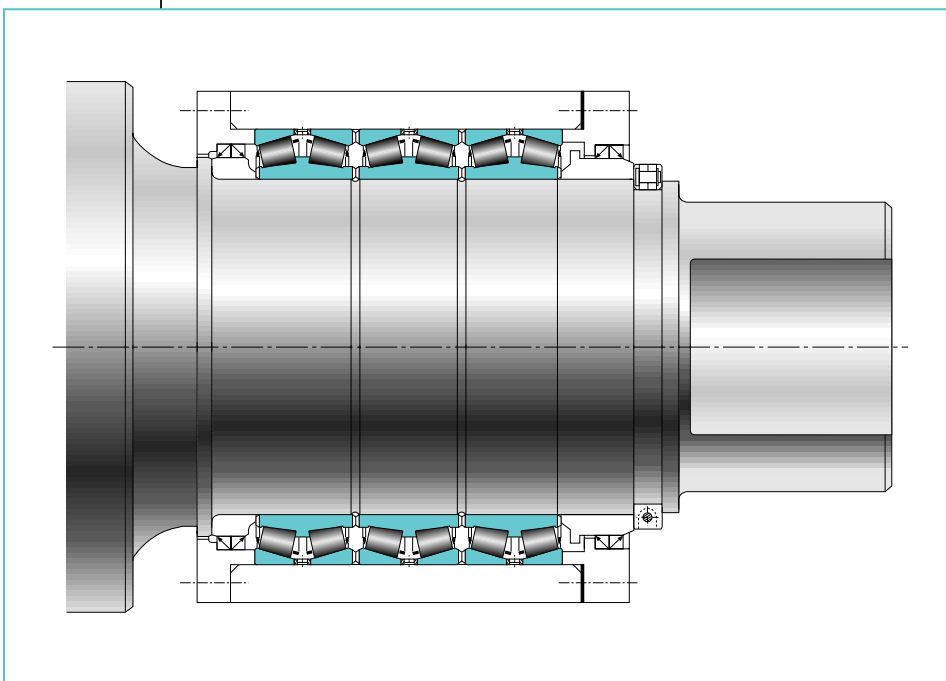



Fig. 5-16

Le procedure dettagliate per l'assemblaggio e il disassemblaggio sono le stesse descritte nel capitolo cilindri di appoggio.

La tendenza attuale da parte degli operatori è di favorire l'eliminazione dell'insieme anello di bloccaggio filettato e ghiera che richiedono un intervento manuale e di sostituirlo solamente con un anello intermedio. Considerando la frequenza del cambio cilindri, questa soluzione permette un percettibile risparmio di tempo ma richiede tolleranze dei cuscinetti più ristrette per quanto riguarda la larghezza totale dei coni. Ciò è possibile utilizzando assemblaggi 2TDIW o 3TDIW (le tolleranze sono riportate nelle tabelle delle tolleranze dei cuscinetti, capitolo 6).

Cuscinetti con tenute per cilindri di lavoro

I montaggi mostrati in Fig. 5-17 illustrano le alte prestazioni dei cuscinetti con tenute per cilindri di lavoro. Queste configurazioni sono completamente intercambiabili con gli assemblaggi TQOW o 2TDIW in dimensioni standard.

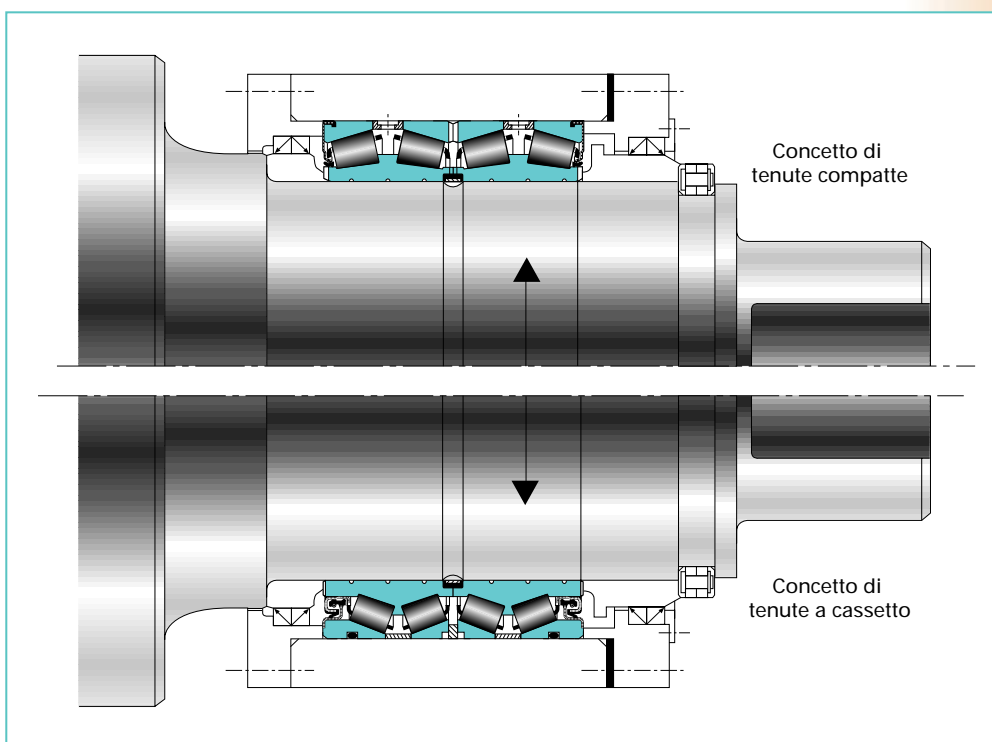



Fig. 5-17
Cuscinetti con tenute per cilindri di lavoro

La tenuta principale su ciascun lato permette di avere un assemblaggio preingrassato oltre che fornire una protezione aggiuntiva contro l'ingresso di contaminanti. Questo cuscinetto potrà essere montato preingrassato, nel qual caso, l'assemblaggio completo è montato come unità nella guarnitura. L'attrezzo usato per montare il cuscinetto nella guarnitura è mostrato nella sezione 5.2.1.3. Una corretta manutenzione delle tenute della guarnitura utilizzate sul distanziale lato tavola e sul lato opposto dovrà essere eseguita per mantenere la loro efficienza contro l'acqua o liquidi di raffreddamento miscelati a contaminanti solidi.

Assemblaggi TDIK - posizione assiale

La Fig. 5.18 mostra un cuscinetto TDIK a due file montato nella posizione assiale. Questo tipo di cuscinetto è sempre montato in combinazione con a un cuscinetto radiale a quattro o sei file sui cilindri di lavoro nella posizione fissa. Un simile assemblaggio è usato nei cilindri di lavoro dove sono incorporati sistemi di shifting o di incrocio dei cilindri, per evitare che il cuscinetto radiale sopporti carichi assiali. La posizione assiale può essere posizionata sia dal lato operatore che dal lato comando.

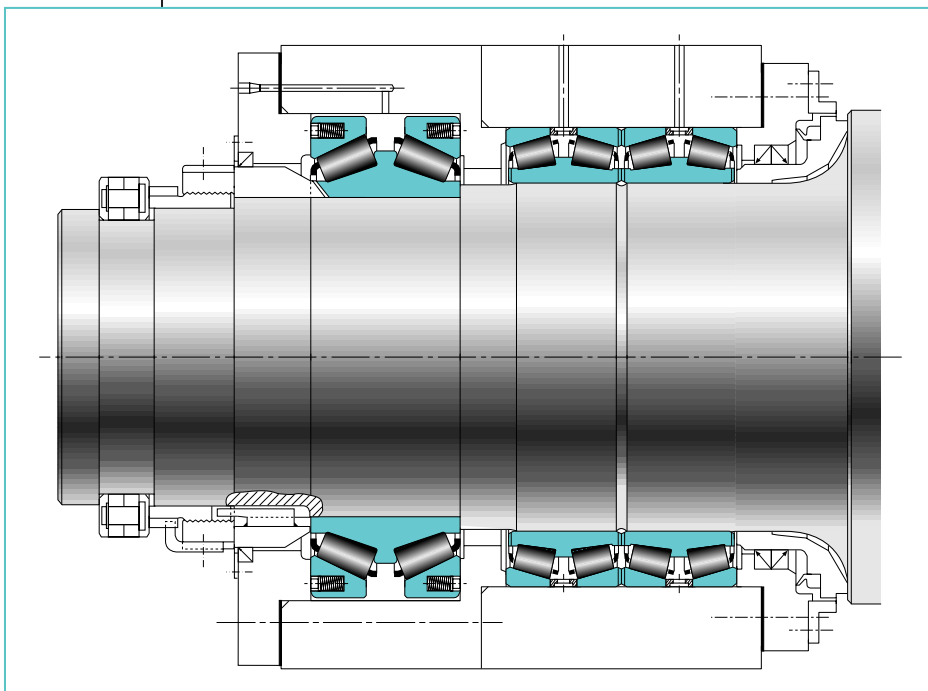



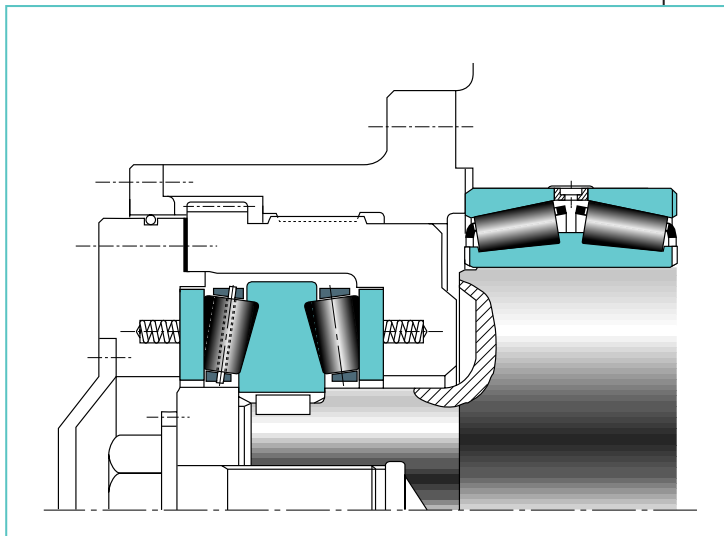
Fig. 5-18

Il cuscinetto può essere montato in un alloggiamento separato (coperchio frontale) o direttamente nella guarnitura. Generalmente si utilizza un dispositivo di bloccaggio del cono identico a quello utilizzato per i cuscinetti radiali. Il sistema di molle, incorporato nelle due coppe, permette alla coppa non caricata di rimanere in contatto con la sua fila di rulli evitando quindi l'intraversamento dei rulli stessi. La corsa delle molle è ottenuta usando uno spessore di metallo tra la flangia del coperchio e l'alloggiamento od un insieme di tolleranze ridotte per il cuscinetto ed i componenti adiacenti. Il sistema di molle sviluppa la forza assiale necessaria per mantenere in contatto la fila non caricata. Un gioco radiale di circa 2-3 mm sul diametro è richiesto tra le coppe e l'alloggiamento per evitare qualsiasi carico radiale sul questo cuscinetto. Per evitare la rotazione del cono sul collo del cilindro è prevista una chiavetta sul cono.

Qualche volta, in alternativa al sistema di molle incorporato nelle coppe, si propone un assemblaggio TDIK preregistrato montato in un apposito alloggiamento. Cuscinetti TDIK utilizzati in laminatoi esistenti dove le molle sono incorporate nell'alloggiamento poterebbero essere montati nello stesso modo degli assemblaggi TDIK con il sistema di molle integrato. Tutti questi assemblaggi sono dimensionalmente intercambiabili.

Assemblaggi TTDWK

Fig. 5-19

La Fig. 5-19 mostra un cuscinetto TTDWK a due file montato nella posizione reggispinta. Questo cuscinetto reggispinta a doppio effetto è sempre montato in combinazione con un cuscinetto radiale a quattro o sei file sui cilindri di lavoro nella posizione fissa. Tale assemblaggio è principalmente utilizzato nei laminatoi per profili dove i carichi assiali sono insolitamente alti e da entrambe le direzioni da laminazione di profili asimmetrici. Questo cuscinetto è generalmente montato in un alloggiamento separato per formare un insieme unico da fissare sulla guarnitura. Per il suo disegno a "piste piane", questo cuscinetto permette un movimento radiale ed non è perciò in grado di sopportare carichi radiali. Le piste piane non sono bloccate assialmente, ma posizionate in modo da ottenere il gioco assiale richiesto di circa 0,500 mm, per permette re al sistema di molle di sviluppare il carico assiale stabilito per mantenere in contatto la fila non caricata. Una chiavetta è generalmente prevista nell'anello doppio centrale per bloccarlo contro eventuali rotazioni. La Fig. 5-19 mostra un laminatoio per profili dove il posizionamento del cilindro è ottenuto attraverso l'unità reggispinta ausiliaria con il cilindro e lo scorrimento assiale nell'alesaggio del cuscinetto radiale.

5.1.2.3. Caratteristiche delle guarniture e dei coperchi per un corretto funzionamento dei cuscinetti

Guarnizioni o scelta degli spessori per il coperchio della guarnitura

Dopo che l'intero cuscinetto assemblato è montato nella guarnitura, il coperchio frontale dovrà essere montato senza la guarnizione comprimibile e con quattro viti equamente distanziate ed avvitate fino ad appoggiare uniformemente il coperchio contro la coppa del cuscinetto.

Si misura quindi il gioco tra la faccia del coperchio flangiato e la faccia della guarnitura in tre punti equidistanti e si determina il valore medio. Lo spessore della guarnizione (o guarnizioni in funzione del valore del gioco) dovrebbe essere uguale al valore della luce misurata più 15-25 % per considerare la compressione della guarnizione. Il valore indicato di 15-25 % è riferito a sughero o ad altri materiali equivalenti per guarnizioni comprimibili (se si utilizzano materiali più duri o più teneri, si adatteranno i valori percentuali indicati di conseguenza).

Dopo aver piazzato la guarnizione comprimibile, rimontare il coperchio e stringere le viti fino ad ottenere il gioco voluto. Le viti devono essere serrate a croce attraverso la guarnitura per permettere una compressione uniforme del pacco di guarnizioni ed evitare possibili distorsioni del distanziale coppe. Per assicurarsi che la guarnizione sia compressa uniformemente e le coppe bloccate in modo adeguato, intaccare la guarnizione in quattro punti prima dell'installazione. Ciò permette di avere quattro punti da poter rimisurare dopo l'installazione. **La coppia di serraggio finale applicata alle viti deve essere confrontata con la coppia di serraggio raccomandata dalla Società Timken in funzione delle condizioni di carico della specifica applicazione.**

Le guarnizioni comprimibili sono ora frequentemente rimpiazzate da spessori pelabili. Questa soluzione permette di applicare la coppia di serraggio richiesta in funzione delle condizioni di carico, senza il rischio di collassare i distanziali delle coppe.

In questo caso, la procedura per misurare la luce sarà la stessa ; il pacchetto di spessori scelto dovrà essere leggermente inferiore alla luce misurata (generalmente 0,050 mm in funzione dello spessore pelabile) in modo da ottenere unavleggera compressione. La soluzione con spessori richiede l'utilizzo di un "O-ring" per ottenere una tenuta adeguata tra il coperchio e la guarnitura. La coppia di serraggio applicata alle viti dipende dalle loro dimensioni.

Attenzione : lo spessore della guarnizione comprimibile o il valore degli spessori pelabili definito per un cuscinetto non dovrebbe essere usato per un atro cuscinetto assemblato a causa della variazione sulla larghezza totale del cuscinetto.

Procedura di montaggio della guarnitura -vpiastra di fissaggio - piastra oscillante

La Fig. 5-20 mostra una sezione trasversale di un laminatoio quarto (4HI) dove sono montati cuscinetti a quattro file sui colli di cilindri di appoggio e di lavoro.

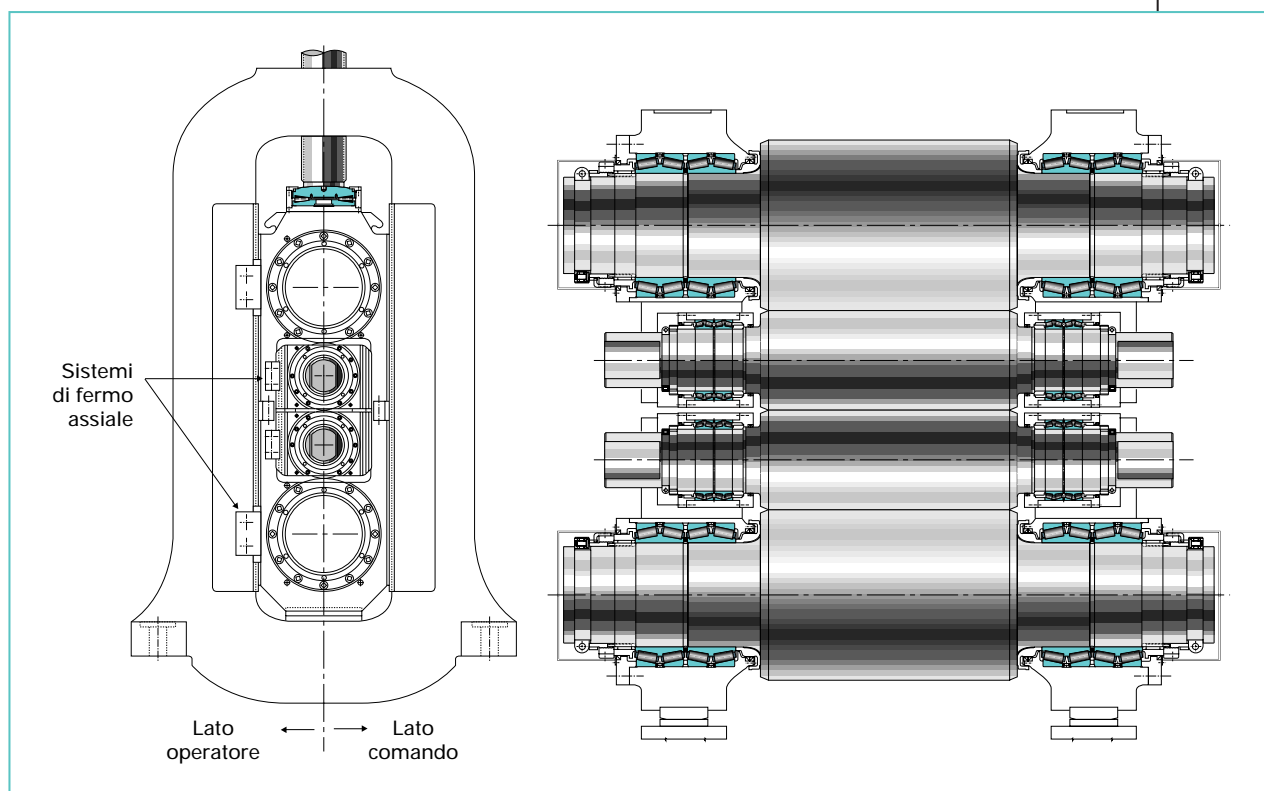



Fig. 5-20

La vista finale mostra configurazioni diverse sul lato sinistro e destro rispetto alla linea verticale di mezzeria. La vista sul lato sinistro corrisponde al lato operatore e mostra le guarniture dei cuscinetti fissate nell'alloggiamento del laminatoio. La vista sul lato destro corrisponde al lato comando con le guarniture libero di muoversi nella finestra.

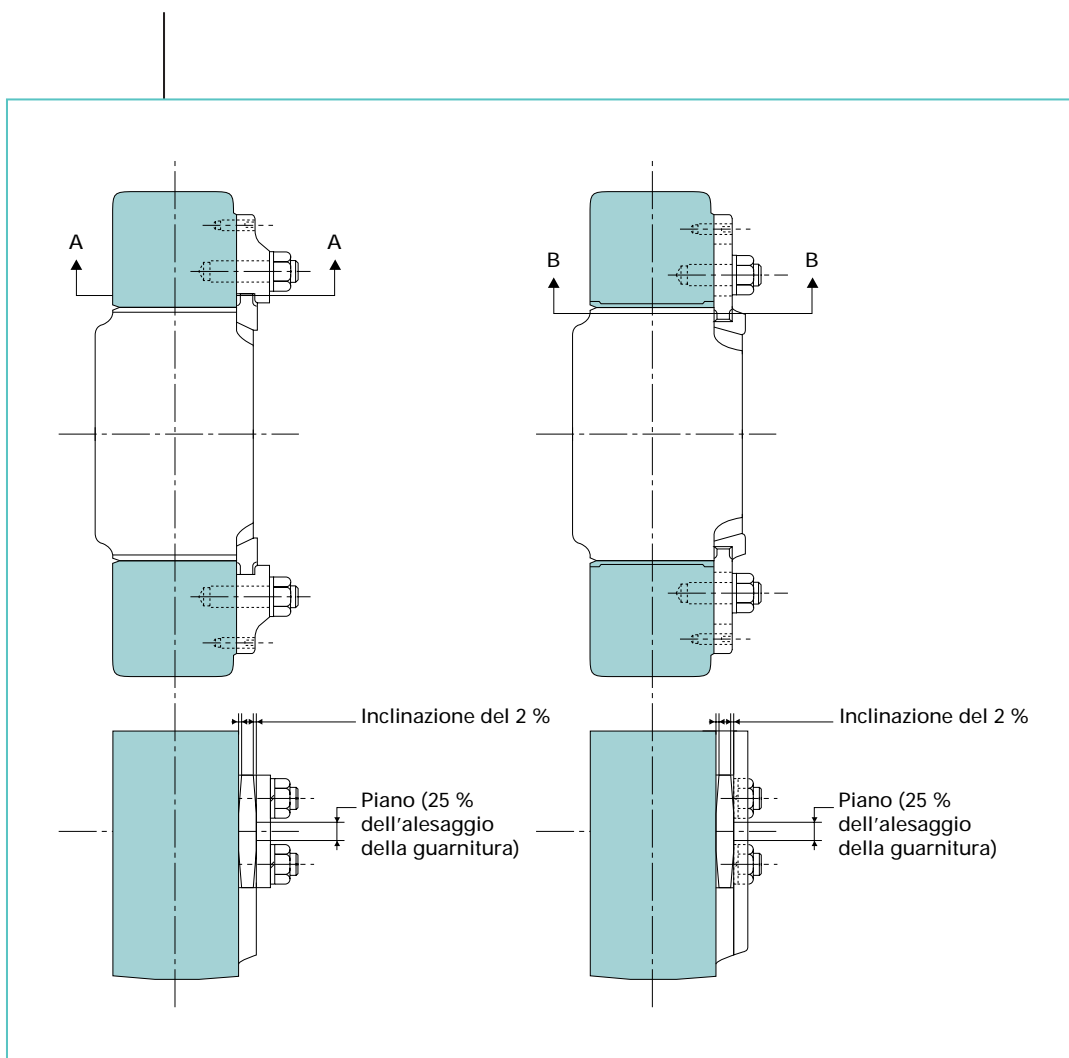



Fig. 5-21

Le piastre di fissaggio sul lato operatore sono flange di posizionamento della faccia della guarnitura e sono smussate come mostrato in Fig. 5-21. Questo permette alla guarnitura di oscillare e di seguire la normale flessione del cilindro e del collo. Le piastre di fissaggio per le guarniture dei cilindri di lavoro sono disegnate in modo similare per permettere una completa flessibilità tra le guarniture dei cilindri di lavoro e la fiancata di base delle guarniture dei cilindri di appoggio o il blocco pistoni nel quale esse sono montate. Questa flessibilità assicura che i carichi assiali sviluppati nel laminatoio siano sopportati dal cuscinetto senza sviluppare momenti ribaltanti importanti, nel caso ci sia del disassamento presente tra gli assi normali dei cilindri di lavoro e gli assi dei cilindri di appoggio

La Fig. 5-22 mostra un metodo usuale di montaggio del cilindro di lavoro nelle fiancate delle guarniture dei cilindri di appoggio. Le guarniture di appoggio sono fissate contro il movimento assiale nelle guarniture dei cilindri di appoggio dal lato operatore del laminatoio ed hanno la possibilità di muoversi assialmente dal lato comando del laminatoio. Per permettere alle guarniture dei cilindri di lavoro di muoversi liberamente, si dovrà prevedere un gioco sufficiente tra le guarniture dei cilindri di lavoro e le gambe delle guarniture dei cilindri di appoggio. Piaste di usura sono generalmente usate tra le guarniture dei cilindri di lavoro e le fiancate delle guarniture dei cilindri di appoggio come pure tra queste ultime e la finestra.

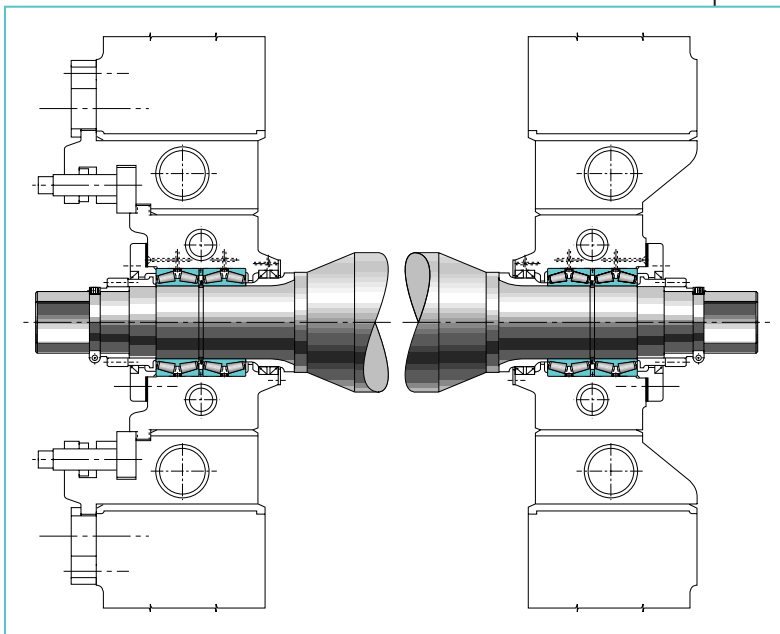



Fig. 5-22

La guarnitura superiore dei cilindri di appoggio è separata dalla sede della vite di pressione da un'unità reggispinta equipaggiata di un cuscinetto reggispinta. Il dispositivo di allineamento tra la parte inferiore della guarnitura dei cilindri di lavoro e la base della finestra permette a queste guarniture di oscillare in modo da seguire le flessioni dei cilindri e dei colli. Diversi disegni del dispositivo di oscillazione sono mostrati nella Fig. 5-23.

Le piastre di usura dovrebbero essere controllate con regolarità per prevenire l'effetto di incrocio dei cilindri e/o disassamenti che possono influenzare negativamente la durata dei cuscinetti.

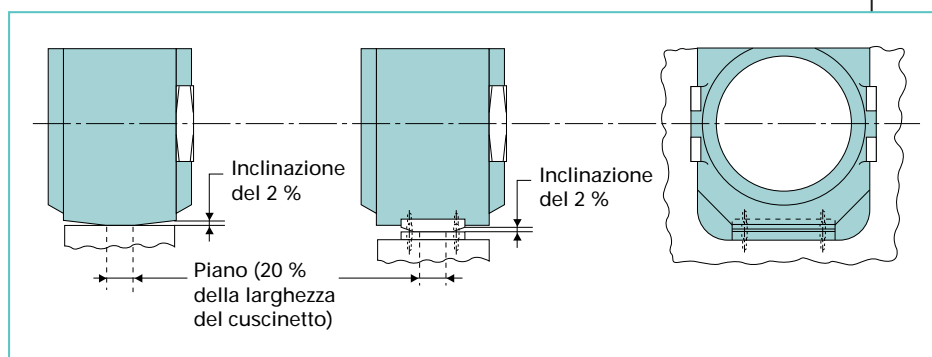
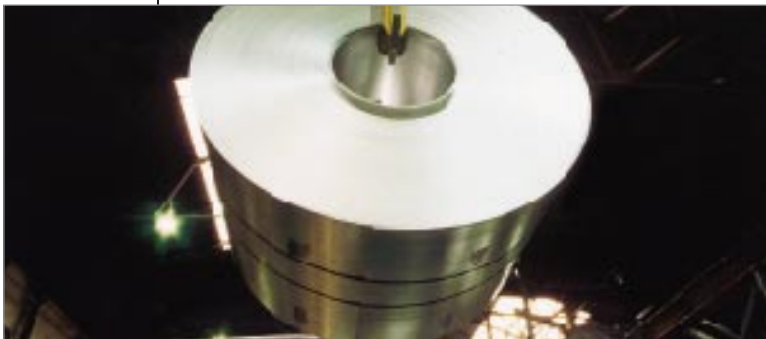



Fig. 5-23

5.1.3. Montaggi tipici

Colate di nastro di alluminio

La Fig. 5-24 mostra un cuscinetto a quattro file montato su un collo cilindro di una colata di brame di alluminio. Il principio di montaggio ed i suggerimenti di montaggio sono gli stessi descritti per gli assemblaggi TQOW-2TDIW nel capitolo 5.1.2.1. In tutti i casi i cuscinetti sono montati con accoppiamenti liberi per i coni e le coppe. Poiché colate per brame di alluminio lavorano con carichi radiali estremamente elevati e basse velocità (meno di 5 g/min), si usano cuscinetti con rulli pieni. Si possono usare anche cuscinetti con gabbia stampata, ma per aumentare il numero di rulli (capacità) si utilizzano spesso cuscinetti con gabbia a perni. Rulli con profilo ottimizzati sono spesso richiesti per le particolari condizioni di carico.

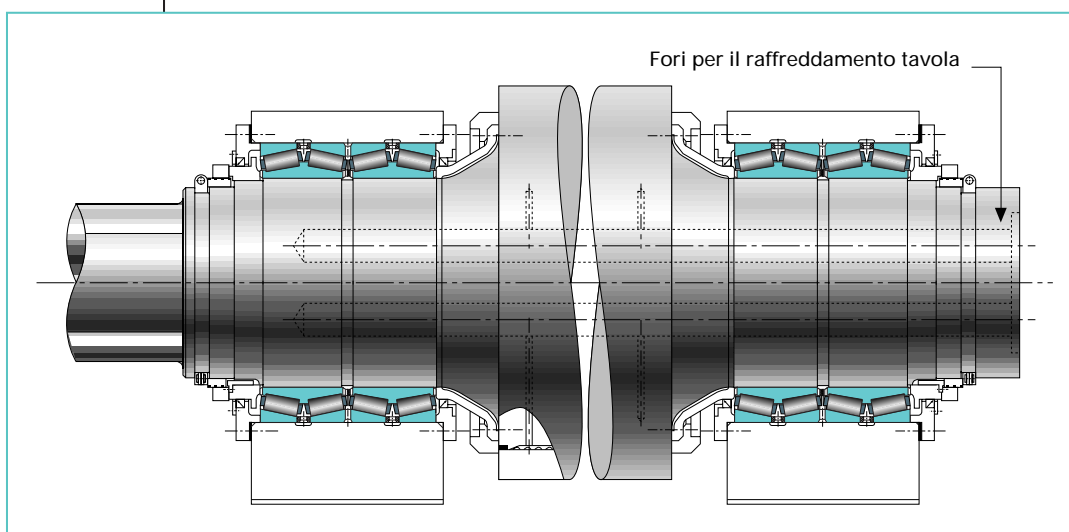



Fig. 5-24

Questo tipo di applicazione, dove la tavola è in contatto con l'alluminio fuso (alta temperatura), richiede un completo raffreddamento della tavola per ridurre la notevole differenza di temperatura tra il collo e la tavola ed anche tra il collo e la guarnitura. Assicurarsi di ricollegare correttamente il sistema di raffreddamento quando si usa un nuovo cilindro.

Rulli verticali per laminatoi per profili

Il disegno mostrato in Fig. 5-25 utilizza un cuscinetto assemblato TDO a due file per servizio pesante con un distanziale cono, montato con accoppiamento forzato sul rullo. Tuttavia, i cuscinetti tipo TQO e TQI sono anche utilizzati in funzione della larghezza del rullo. Poiché in questo tipo di applicazioni le limitazioni di spazio sono spesso un problema, le coppe sono bloccate in posizione da coperchi che contengono anche il sistema di tenute a labirinto.

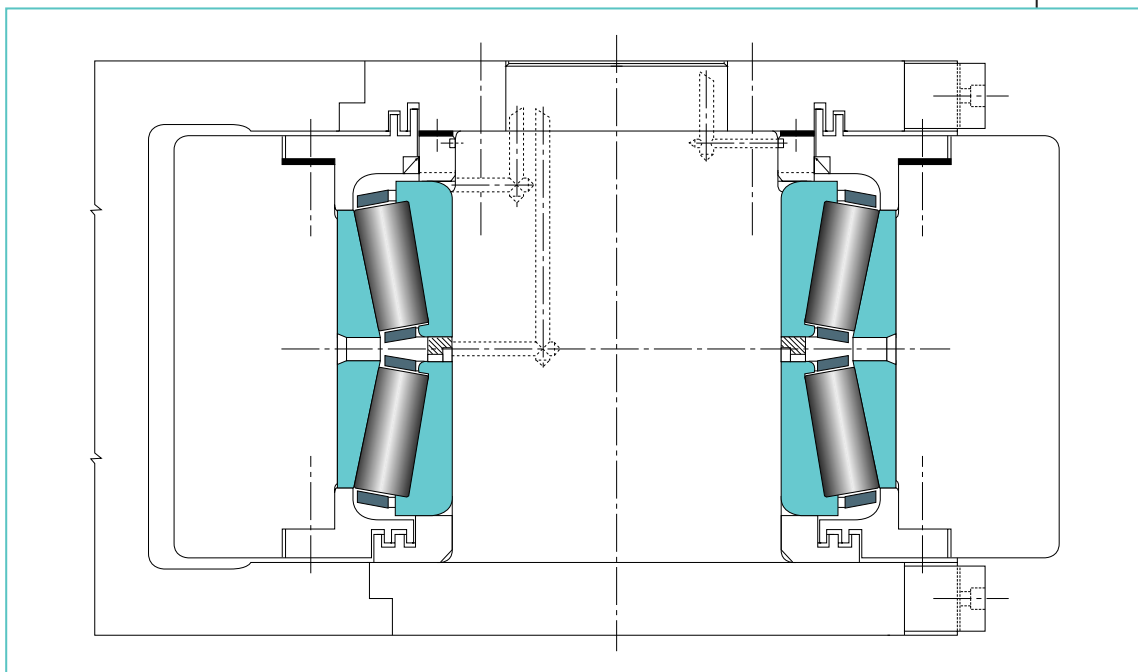
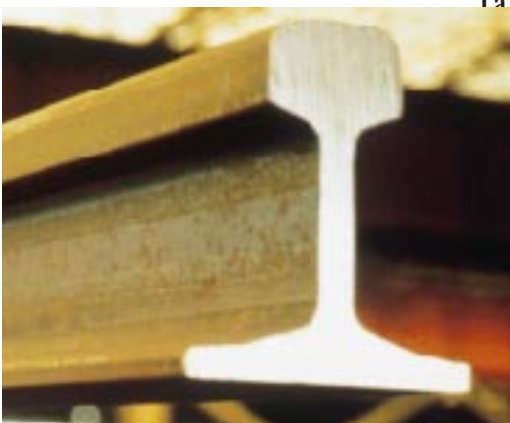



Fig. 5-25
Disegno di un rullo verticale con cuscinetto TDO

Sul lato superiore, il labirinto è posizionato sopra la faccia del rullo in modo da prevenire l’entrata di acqua e scaglie direttamente nel cuscinetto. In funzione del concetto della struttura, può essere prevista anche una tenuta a labbro aggiuntiva.

Il bloccaggio dei coni è garantito sull’albero stazionario da un una piastra. I coni sono montati con accoppiamento libero sull’albero.

La lubrificazione a grasso si applica al centro del scinetto attraverso i fori nel distanziale dei ni. Poiché si tratta di una applicazione rticale, per lubrificare la fila superiore e per nuovere il grasso contaminato si suggerisce ’entrata di grasso sulla parte superiore del scinetto attraverso le scanalature di accesso. r le severe condizioni ambientali, il cuscinetto generalmente agganciato ad un sistema di brificazione continuo per assicurare una gliore protezione.

TIMKEN®

Assemblaggi TDIW - posizione radiale

La Fig. 5-26 mostra un cuscinetto TDIW a due file montato su un collo di cilindro. In molte installazioni di laminatoi a caldo dove le velocità sono relativamente contenute, da basse a medie, per sopportare le forze di laminazione si usa un TDIW, invece di un più comune cuscinetti a quattro file. Nel passaggio da altri tipi di cuscinetti, spesso il TDIW è l'unica soluzione per ragioni di ingombro.

Il principio di montaggio e i suggerimenti corrispondenti descritti per gli assemblaggi TQOW - 2TDIW possono anche essere applicati per il cuscinetto TDIW a due file.

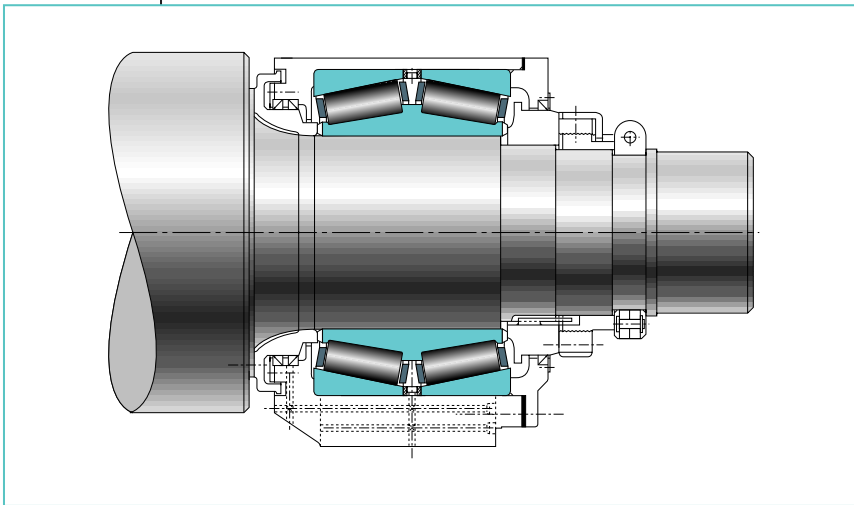



Fig. 5-26

Assemblaggi TDIT - TNAT

La Fig. 5-27 mostra un cuscinetto TDIT a due file con alesaggio conico montato su un collo di cilindro conico con l'accoppiamento forzato del cono stabilito. Questo tipo di cuscinetto è adatto per laminatoi ad alta velocità soggetti a forze di separazione medio basse.

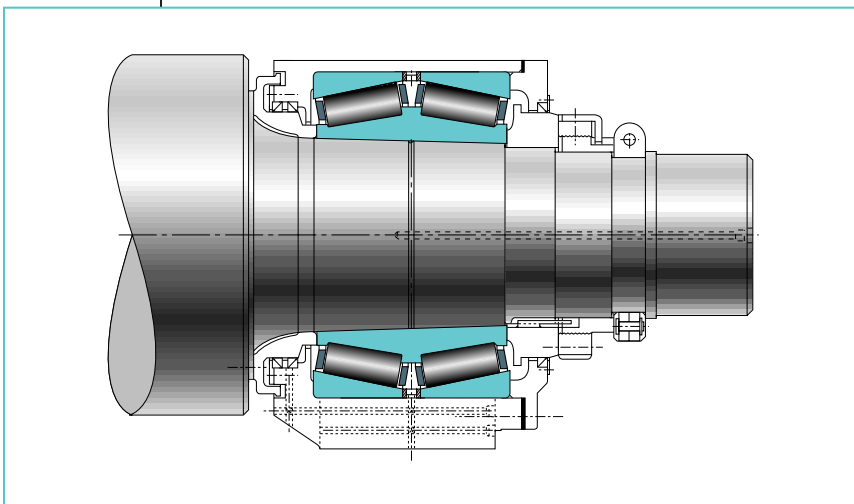



Fig. 5-27

Questi cuscinetti sono assemblati su un collo di cilindro conico contro un distanziale lato tavola adeguatamente dimensionato per assicurare l'appropriato accoppiamento forzato del cono. Il cuscinetto e la guarnitura rappresentano un assemblaggio unità. Per compensare la dilatazione termica del cilindro è importante che sia previsto un adeguato sistema per permettere alla guarnitura di spostarsi liberamente.

Un cuscinetto TNAT a due file ad alesaggio conico come mostrato in Fig. 5-28 è utilizzato nel caso di laminatoi "pre-stressed" dove entrambe le guarniture sono fisse. Dal lato flottante, per permettere lo spostamento assiale della coppa è previsto un gioco tra il coperchio e la coppa doppia.

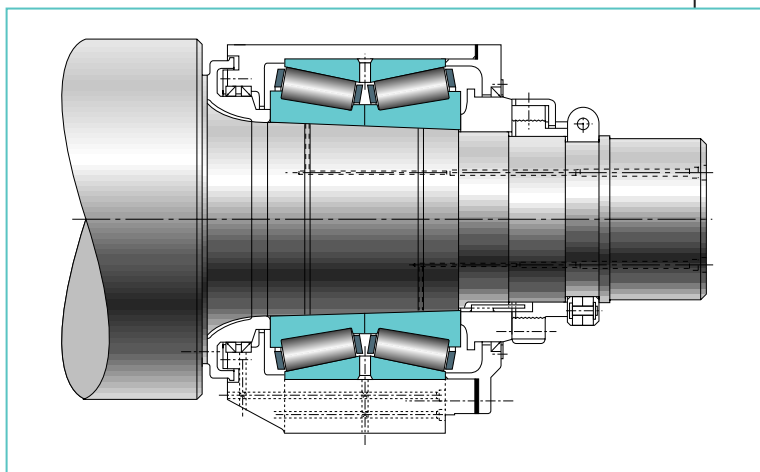



Fig. 5-28

Le procedure di montaggio e smontaggio sul e dal collo del cilindro sono le stesse descritte nel capitolo "assemblaggi TQITS".

Sistemi per viti di pressione

I cuscinetti reggispinta per servizio pesante effettuano il collegamento tra la vite di pressione e la guarnitura del cilindro superiore. La selezione del cuscinetto è basata sul carico massimo di laminazione come pure sul diametro della vite.

La Fig. 5-29 mostra il montaggio di un cuscinetto reggispinta TTHDSX. La faccia superiore dell'anello superiore è generalmente convessa come illustrato, ma può essere anche concava in funzione del profilo della parte finale della vite. Un sede sferica permette un migliore adattamento della guarnitura.

Questo tipo di cuscinetto può essere fornito sia con due piste coniche o con una pista piana sull'anello inferiore. Il disegno con la pista piana permette un movimento laterale e può essere richiesto in funzione del tipo di configurazione del montaggio. Nei casi dove si utilizza la pista conica per l'anello inferiore, esso deve essere montato con gioco radiale per permettere un corretto allineamento delle due piste.

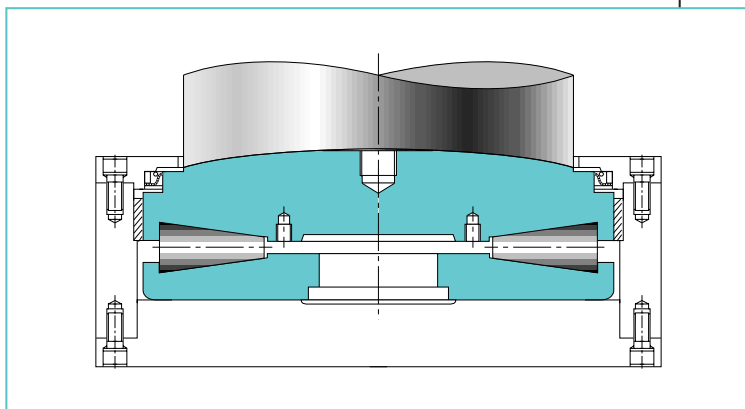



Fig. 5-29

Le tenute, particolarmente importanti nei laminatoi a caldo, si ottengono con tenute a labbro radiale. Una lubrificazione adeguata si ottiene riempiendo la camera del cuscinetto con un olio EP di buona qualità con una viscosità di circa 460 cSt a 40 °C.

Laminatoi per tubi, calibratori ed estrattori

Il laminatoio ad alta velocità mostrato in Fig. 5-30 usa cuscinetti standard del tipo TDO sugli alberi dei rulli e degli ingranaggi. I coni sull'albero di entrata sono montati con accoppiamento forzato e le coppe sono montate con accoppiamento libero.

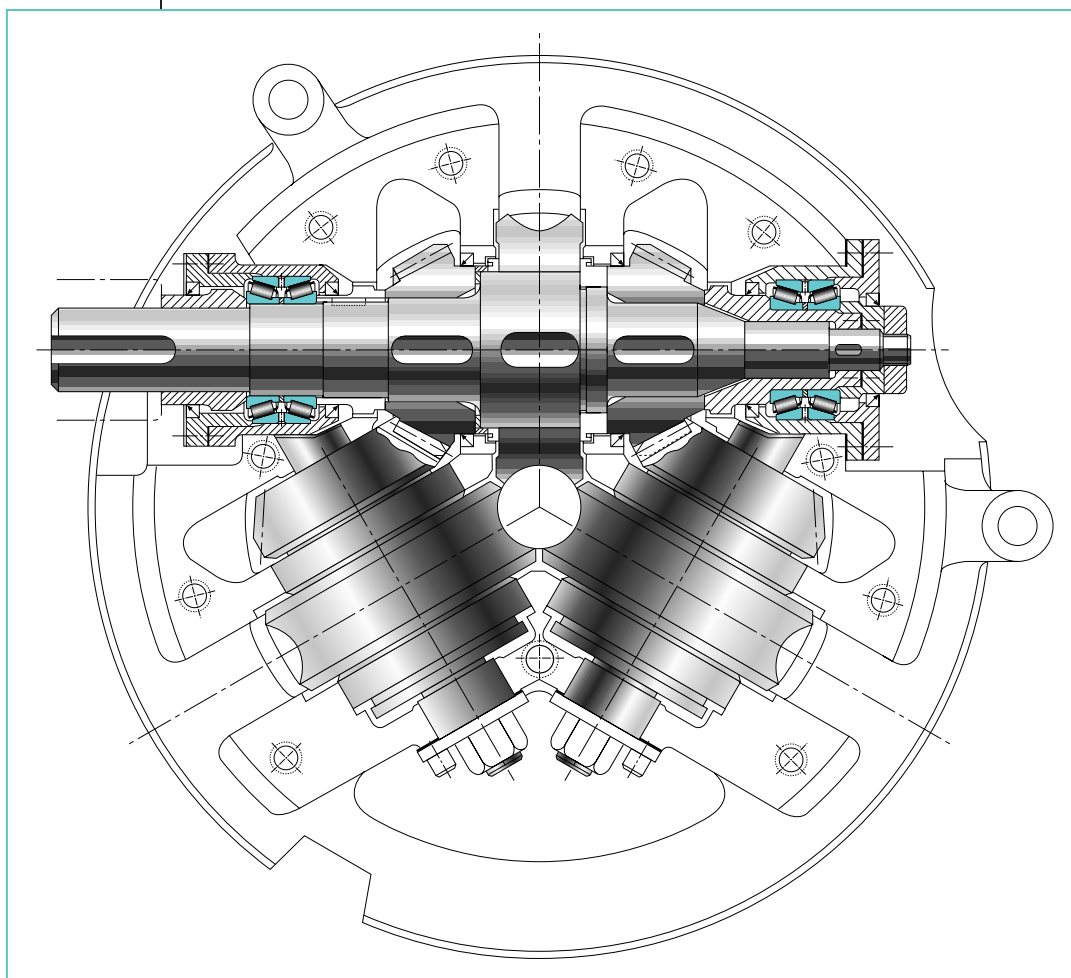



Fig. 5-30

La posizione assiale del rullo è fornita utilizzando spessori tra l'alloggiamento principale e il porta coppe fisso. Il porta coppe dal lato comando dell'albero di entrata è flottante in modo da trovare la sua posizione assiale.

Nei rulli non motori trainati, si usano cuscinetti TDI per permettere il libero movimento attraverso i coni nella posizione flottante.

Riduttori e gabbie pignone per laminatoi

La Fig. 5-31 mostra una gabbia pignone con ingranaggi cilindrici elicoidali. In tali applicazioni, si usano generalmente cuscinetti TDOCD a due file assemblati con distanziale coni su tutte le posizioni. Un cuscinetto per ogni albero è fissato contro lo spallamento dell'alloggiamento da un coperchio coppe. L'altro cuscinetto montato sul lato opposto è libero di muoversi assialmente nell'alloggiamento.

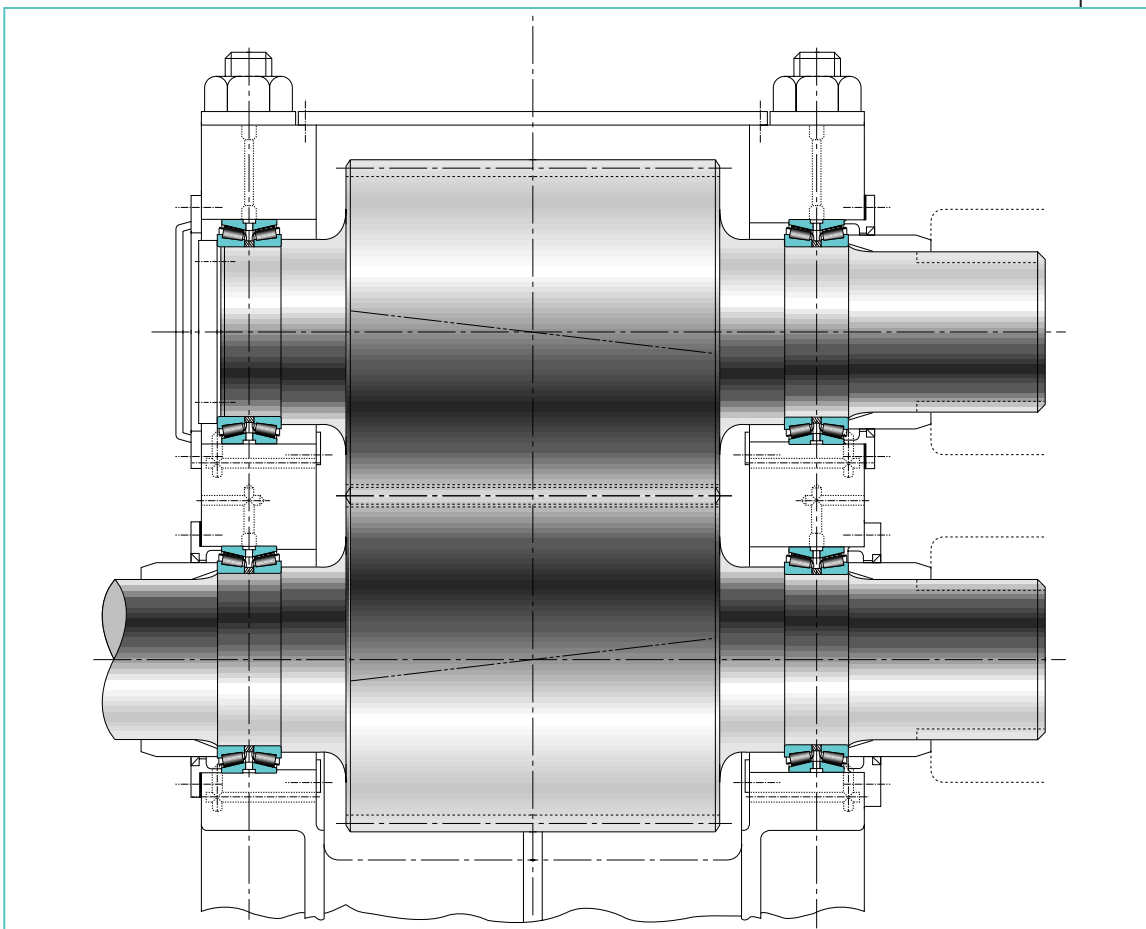



Fig. 5-31

Per alte velocità, onde evitare eventuali rotazioni delle coppe montate nelle posizioni flottanti (accoppiamenti liberi e libere assialmente), suggeriamo di utilizzare un perno di arresto posizionato nel foro radiale della coppa. Il diametro del perno è dimensionato per ottenere il corretto gioco assiale tra il perno ed il foro nella coppa doppia ; questo permette il necessario movimento assiale dell'albero. In aggiunta, il perno è dotato di un foro radiale per assicurare l'entrata di olio nella mezzeria del cuscinetto.

Per trasmissioni di laminatoi ad alta velocità, la registrazione dei cuscinetti è ottimizzata rettificando i distanziali al montaggio, una delle caratteristiche vantaggiose dei cuscinetti a rulli conici, poiché le durate richieste possono essere di diversi anni.

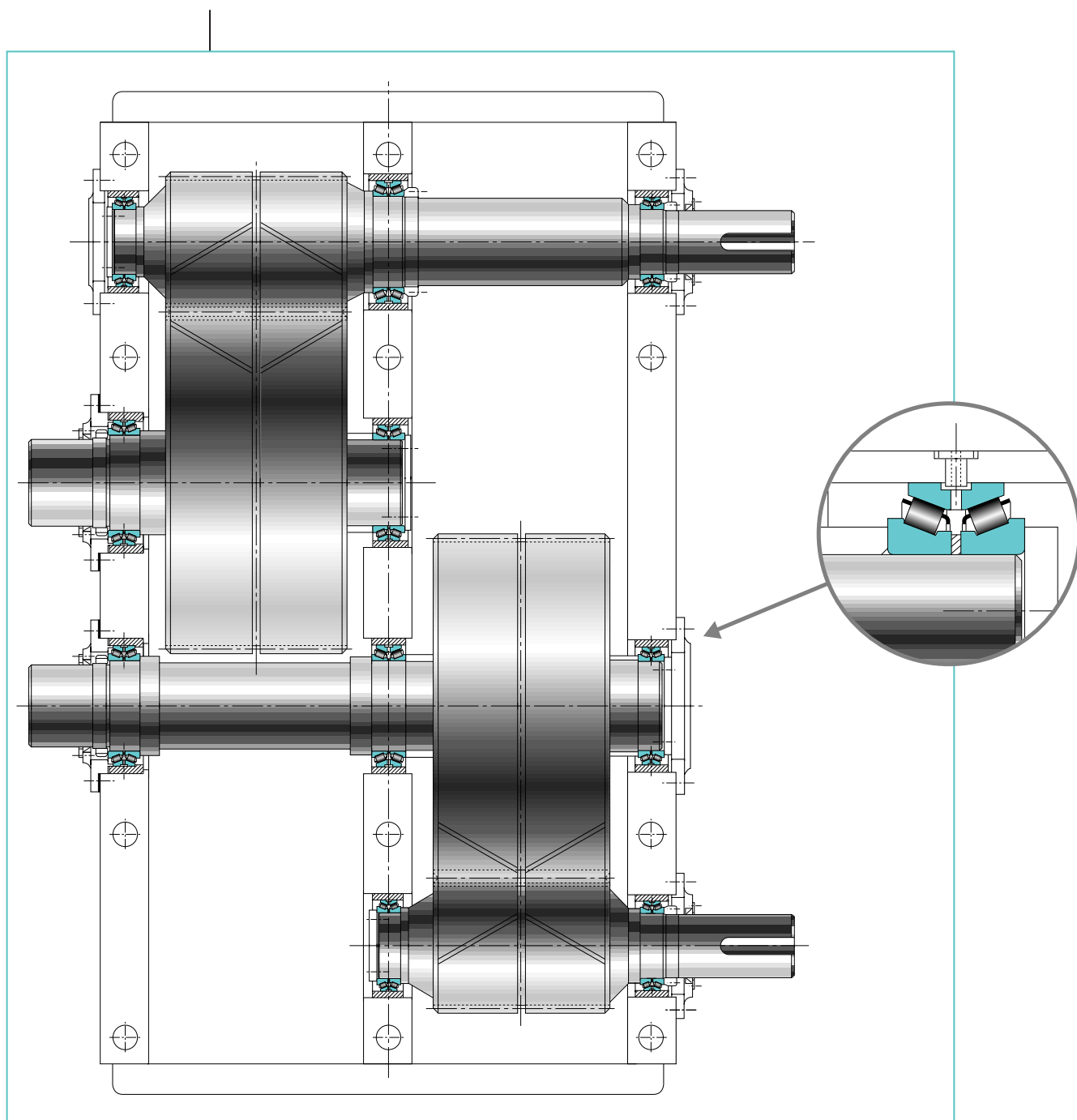



Fig. 5-32

La Fig. 5-32 mostra una doppia trasmissione e una gabbia pignone con ingranaggi cilindrici bielicoidali. Cuscinetti a due file TDOCD assemblati con distanziali coni sono utilizzati su tutte le posizioni. In questo caso dove tutti gli ingranaggi sono bielicoidali, si definisce solo una posizione fissa. Il cuscinetto montato sul lato opposto è libero di muoversi nell'alloggiamento come pure tutte le altre posizioni in questa trasmissione. La tendenza attuale è di montare il cuscinetto in una bussola in modo da poter sostituire facilmente, se necessario, l'alloggiamento delle coppe.

Aspi avvolgitori

La Fig. 5-33 mostra la configurazione di montaggio di un aspo ad alta velocità (fino a 1500 g/min del mandrino). Il supporto principale dell'albero mandrino è costituita da due cuscinetti TDOCD assemblati con distanziali coni sia nella posizione fissa che flottante. I coni di questi due cuscinetti sono bloccati assialmente. Per ottenere maggiore stabilità, la posizione fissa è generalmente stabilita nella posizione adiacente al mandrino tramite uno spallamento nell'alloggiamento e un coperchio coppe.

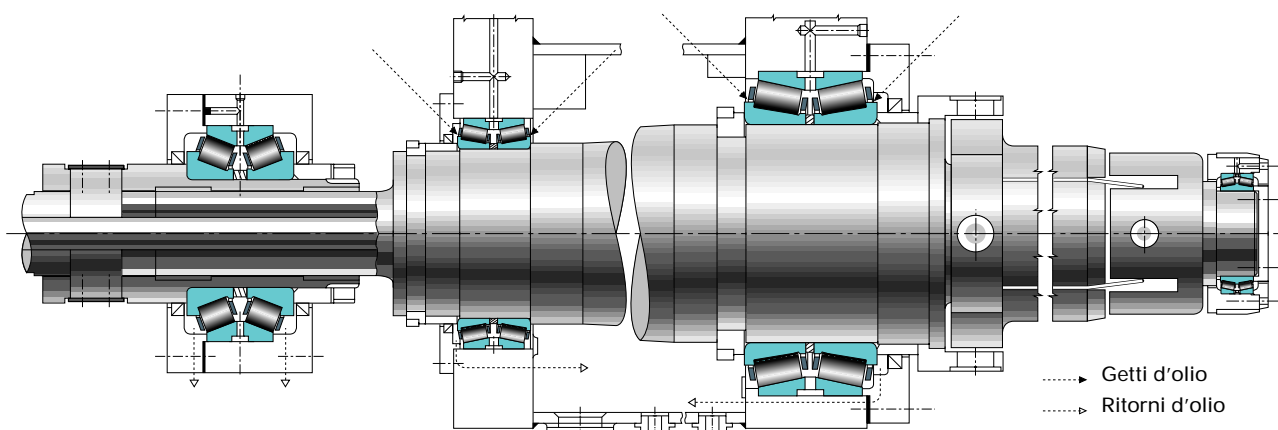
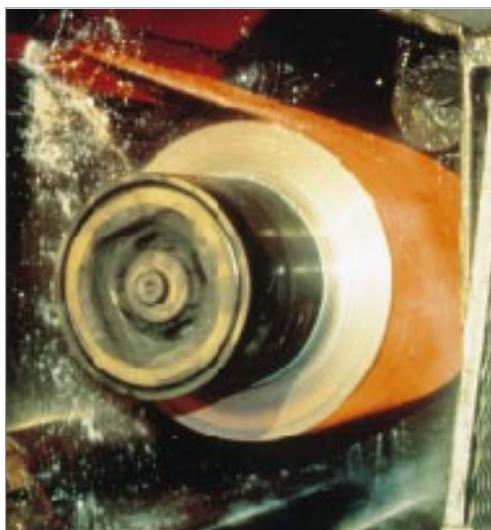



Fig. 5-33

Il supporto a sbalzo è costituito da un cuscinetto a due file TDI assemblato con un distanziale coppe ed è montato un una bussola avente un diametro esterno inferiore al diametro interno della bobina per permettere il suo smontaggio. Questo supporto esterno, chiamato anche terzo supporto, è utilizzato per bobine molto pesanti in modo da minimizzare la deformazione dell'albero.

Un cuscinetto a due file TDO a forte conicità assemblato con distanziale cono è utilizzato come unità assiale per attuare il sistema di espansione del mandrino ed è frequentemente sostituita da un cilindro idraulico rotante.

A causa delle alte velocità in gioco, la lubrificazione ha un ruolo determinante per assicurare il buon funzionamento di questo tipo di equipaggiamento. I cuscinetti di grandi dimensioni del supporto principale sono lubrificati con flussi d'olio in pressione dal centro delle coppe doppie (viscosità di circa 320 cSt a 40 °C). Getti d'olio diretti su ciascun bordino dei coni forniscono una lubrificazione e un raffreddamento aggiuntivo. Grossi fori di scarico verso l'esterno dell'alloggiamento impediscono la formazione di un livello d'olio che potrebbe causare uno sbattimento eccessivo del lubrificante in queste posizioni. Il cuscinetto assiale TDO più piccolo può essere lubrificato con un sistema di olio in pressione diretto al centro della coppa doppia. Anche in questo caso è importante prevedere degli scarichi adeguati per evitare la formazione di un livello d'olio nel cuscinetto. Aggiungendo uno scambiatore di calore per l'olio è possibile rimuovere una parte del calore generato. Una lubrificazione a grasso si è dimostrata soddisfacente per il cuscinetto TDI nel piccolo supporto a sbalzo.

Mandrini di laminatoio per tubi senza saldatura

Il mandrino mostrato in Fig. 5-34 utilizza cuscinetti a quattro file. I coni sono monatti con accoppiamento libero.

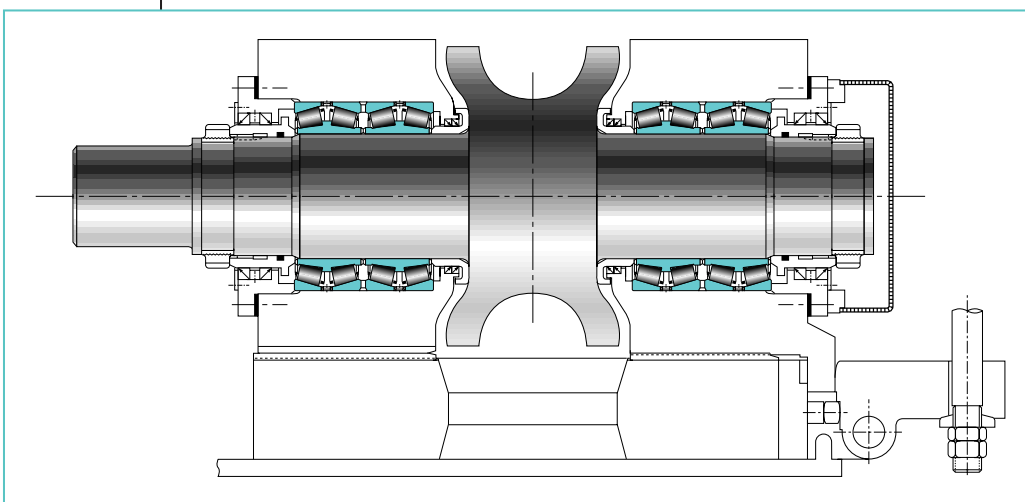



Fig. 5-34

Un accurato allineamento della posizione è mantenuta collegando la posizione della gola del rullo alla guarnitura fissa. Questo si ottiene con uno stretto controllo delle tolleranze tra la grande faccia dell'anello esterno e la piccola faccia dell'anello interno del cuscinetto a rulli conici (stretta tolleranza di posizionamento).

Taglierine - Cesoie

Come mostrato nel disegno della Fig. 5-35, i cuscinetti TDO a due file sono usati nelle sei posizioni dell'albero inferiore e superiore della cesoia. In funzione dello spessore del nastro che si deve tagliare e della precisione richiesta, si usano spesso cuscinetti di precisione (classe 3 o 0 per dimensioni in pollici e classe C o B per dimensioni metriche).

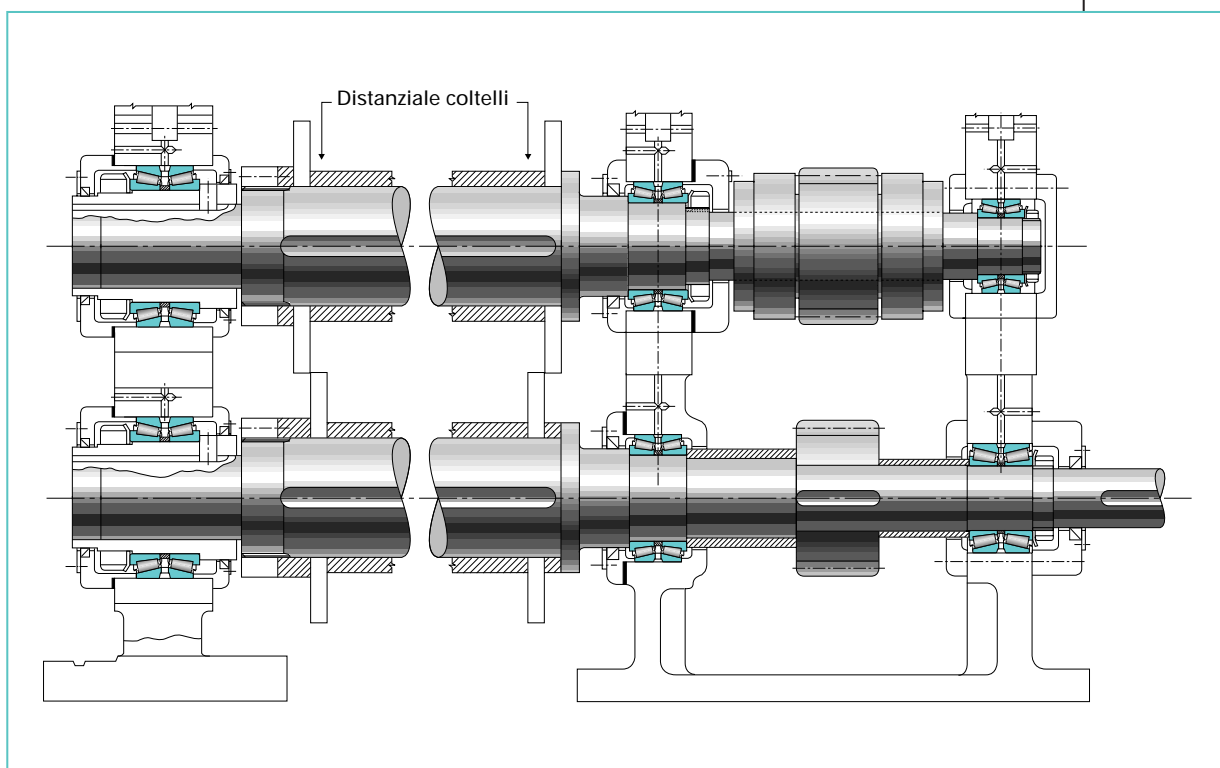



Fig. 5-35

La posizione del coltello come pure la registrazione assiale tra l'albero superiore ed inferiore si ottiene rettificando i distanziali dei coltelli alla lunghezza stabilita. Per ottenere un gioco assiale ottimale tra i coltelli sovrapposti (a volte inferiore a 0,02 mm) si assicura una registrazione controllata del cuscinetto.

Le posizioni esterne movibili nell'alloggiamento sono equipaggiate di cuscinetti TDO. Per eliminare l'usura dell'albero, la bussola, sulla quale è montato il cuscinetto è fissata con chiavetta sull'albero. Questo tipo di assemblaggio fornisce il vantaggio di avere un cuscinetto completamente protetto da materiale estraneo durante i cambi dei coltelli. Questi cuscinetti sono bloccati assialmente nell'alloggiamento di supporto, mentre la bussola può muoversi assialmente sull'albero.

I cuscinetti TDO utilizzati nelle posizioni centrali di ciascun albero sono bloccati. Quelli montati nella posizione adiacente all'entrata sono flottanti nell'alloggiamento.

Il disegno alternativo di Fig. 5-36 mostra il lato fisso di un albero di cesoia. Un cuscinetto TS a singola fila è posizionato nella posizione anteriore mentre nella posizione di registrazione o posteriore si utilizza un cuscinetto Hydra-Rib™.

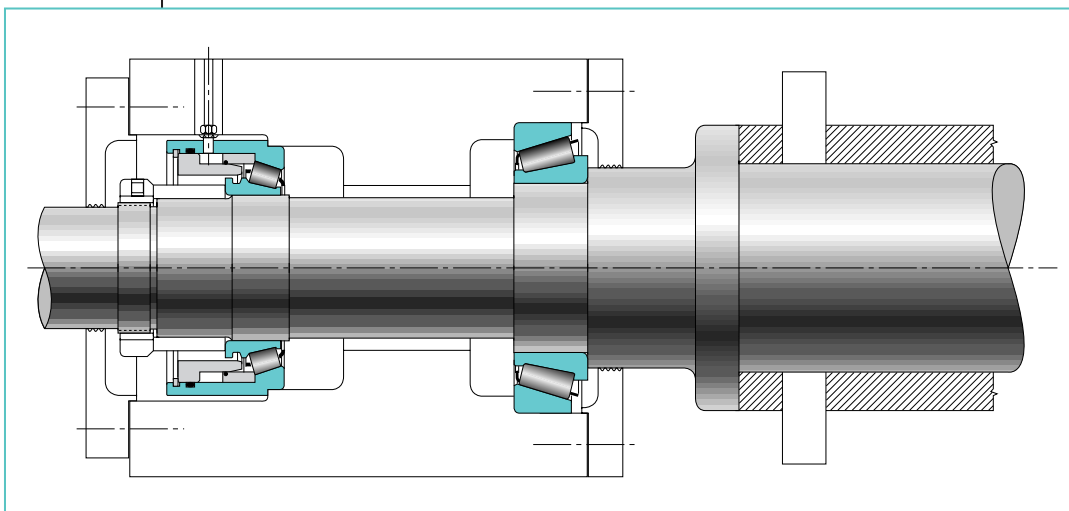



Fig. 5-36

Il cuscinetto Hydra-Rib dispone di un bordino flottante sulla pista esterna in contatto con la base del rullo invece del solito bordino fisso sull'anello interno. Questo bordino flottante funziona all'interno di una cavità stagna con pressione controllata da un appropriato sistema di pressione idraulico o pneumatico (da 3 a 7 bar). Variando la pressione cambia di conseguenza il precarico nel sistema.

La pressione controllata permette al bordino flottante di mantenere costante il precarico anche in situazioni di dilatazioni termiche nel sistema cuscinetti durante il ciclo di funzionamento. Variando la pressione si ottienevimmediata-mente una variazione nel precarico. Questo concetto unico di cuscinetto permette di controllare la registrazione dei cuscinetti e di conseguenza permette un maggiore controllo della posizione dei coltelli ; ne risulta un taglio migliore e una maggiore durata dei coltelli rispetto al disegno tradizionale.

TM = Marchio di fabbrica della The Timken Company

5.2. Manutenzione

5.2.1. Osservazioni di carattere generale

5.2.1.1. Pulizia

La pulitura del cuscinetto dovrebbe rimuovere ogni accumulo di scaglie, acqua, vecchio lubrificante od ogni altro contaminante che può causare usura eccessiva nei cuscinetti. Ci sono diversi metodi di pulitura e soluzioni disponibili, in funzione della dimensione o del numero di cuscinetti da pulire. Cuscinetti di piccole dimensioni si possono pulire con oli leggeri od altri solventi commerciali.

Per cuscinetti di grandi dimensioni, o grandi quantità di cuscinetti, la pulizia può essere fatta in contenitori con solventi adeguati (per esempio olio neutro) che può essere riscaldato. Questo solvente dipenderà dal tipo di lubrificante usato e dalle leggi ambientali locali. Soluzioni di acqua calda sono spesso usate come pulizia finale o risciacqui dopo la pulizia iniziale in un contenitore di olio caldo. Il contenitore per la pulitura dovrebbe disporre di un sistema di riscaldamento dell'olio o della soluzione acquosa come pure di sistemi di agitazione di ricircolo della soluzione. Dopo la pulitura, i cuscinetti dovrebbero essere ricoperti con olio leggero per proteggerli contro la ruggine, se essi non devono essere ispezionati immediatamente.

5.2.1.2. Imballaggio ed immagazzinamento

Norme di imballaggio per cuscinetti di grandi dimensioni

Un libero contatto tra i rulli e la pista della coppa dovrebbe essere evitato durante la spedizione ed il trasporto per le possibili vibrazioni che possono verificarsi. Il cuscinetto assemblato deve essere fissato nella sua scatola per evitare movimenti di coni e coppe. L'imballaggio è anche funzione del tipo di trasporto, che in ogni caso deve escludere sporco, polvere e umidità.

I cuscinetti assemblati sono imballati in scatole di cartone ondulato o in casse di legno in funzione della loro dimensione, i coni, le coppe o gli assemblaggi però devono essere avvolti in fogli di plastica. Spesso essi sono messi su pallet e assicurati con fascette metalliche. Per spedizioni in paesi tropicali o dove esiste il rischio di umidità, nell'imballaggio si mette un sacchetto di sostanza essicante per assorbire l'umidità. Imballaggi speciali possono anche essere previsti in funzione della situazione e del tempo di immagazzinamento previsto prima dell'uso.

Norme di immagazzinamento per cuscinetti di grandi

dimensioni

I cuscinetti dovrebbero sempre essere collocati in posizione orizzontale (asse verticale del cuscinetto) in modo da evitare ovalizzazioni del cono e della coppa. I cuscinetti dovrebbero essere immagazzinati nella loro scatola o imballaggio originale ed in un posto asciutto. Se le condizioni di imballaggio ed immagazzinamento sono ideali, un cuscinetto assemblato potrà mantenere le sue prestazioni potenziali iniziali anche per un periodo superiore ai 10 anni.

5.2.1.3. Attrezzi per la manipolazione

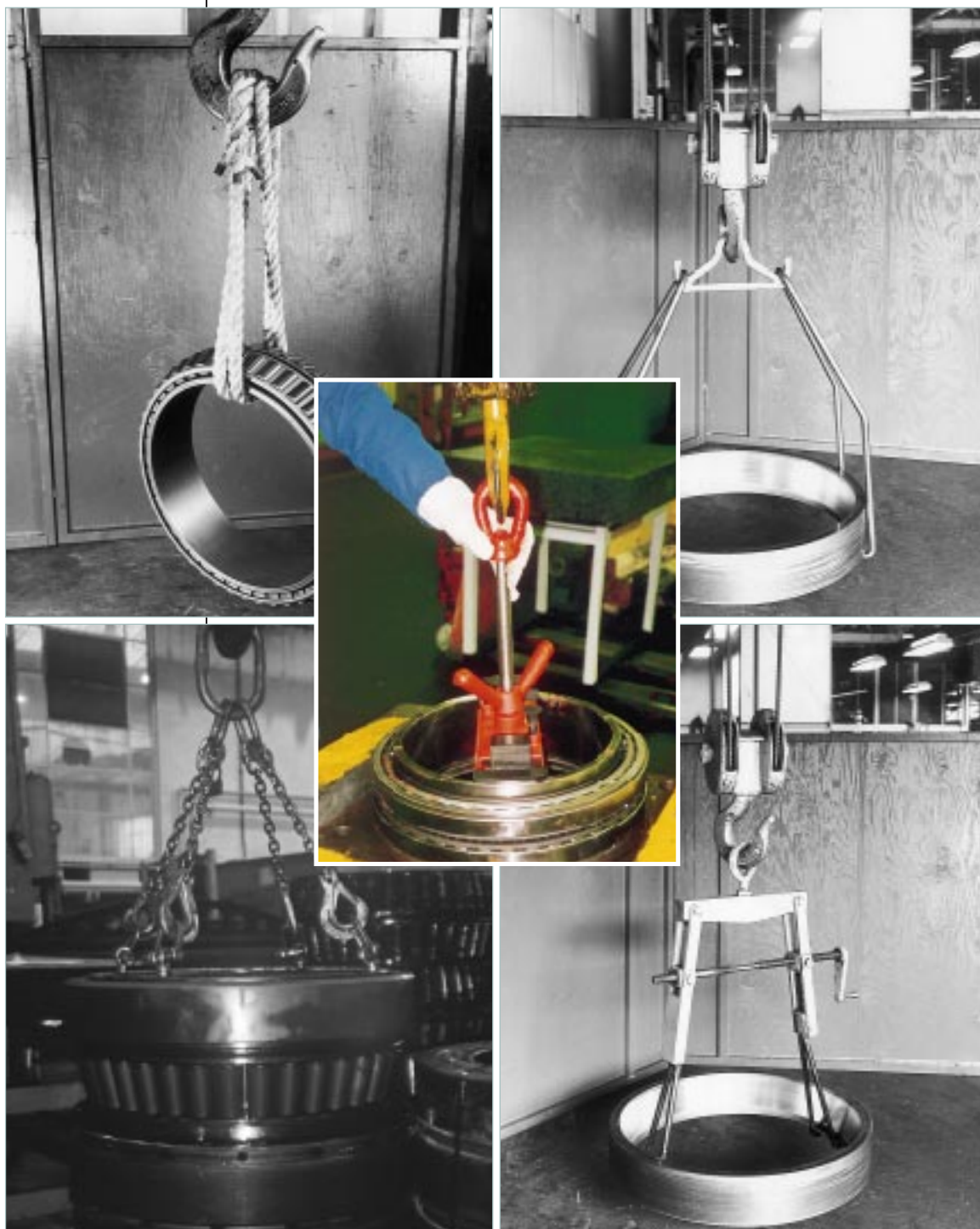
Per assicurare le prestazioni ottimali i cuscinetti per colli cilindro dovrebbero essere maneggiati con attenzione quando montati o smontati da una guarnitura.

In funzione delle dimensioni, del peso, del tipo di gabbia, e se i componenti del cuscinetto sono assemblati separatamente o in un unico insieme (per esempio i cuscinetti con tenute) si possono utilizzare attrezzi differenti.

Cuscinetti di piccole dimensioni

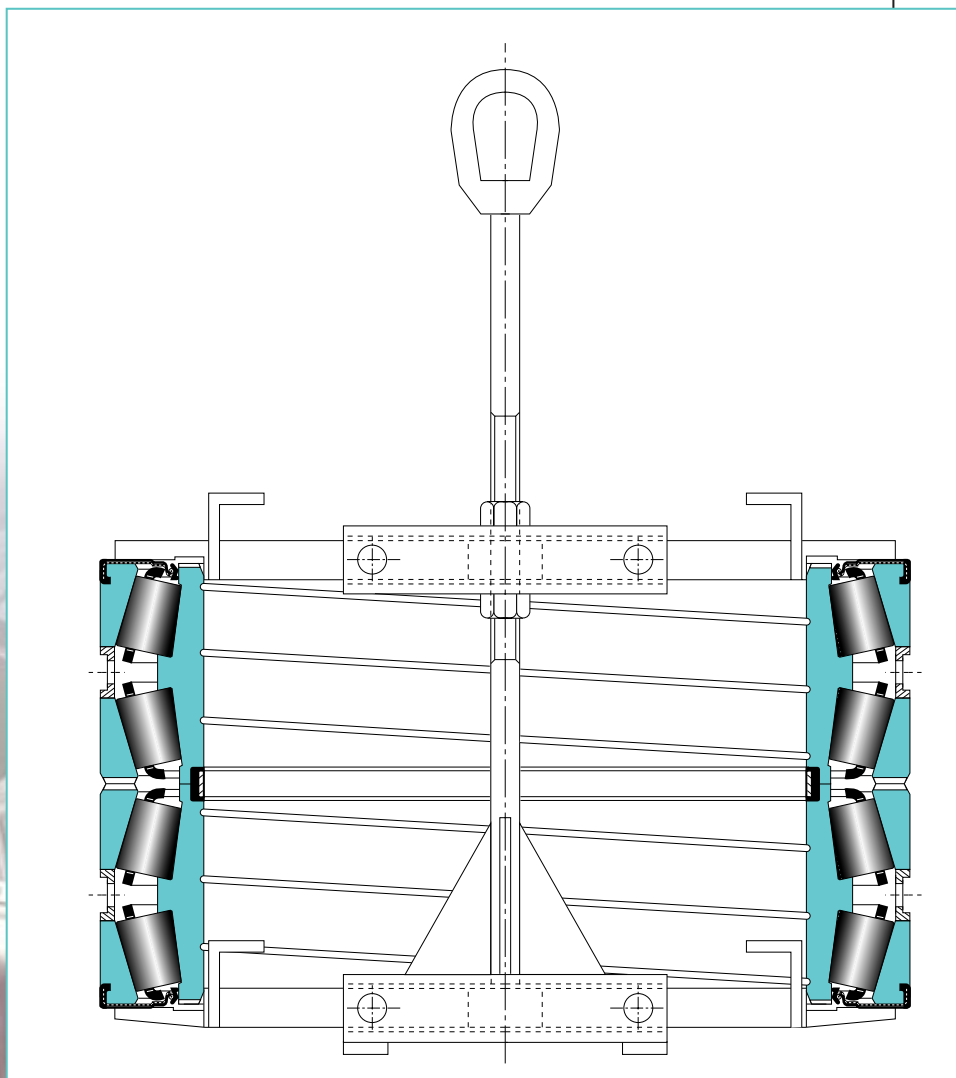
Per cuscinetti di piccole dimensioni (peso contenuto) la manipolazione e generalmente manuale, assicurandosi tuttavia della sicurezza dell'operatore.

Cuscinetti di grandi dimensioni

Per questo tipo di cuscinetti si possono utilizzare, in funzione del tipo di gabbia, attrezzi diversi. Con cuscinetti dotati di gabbia a perni, i coni singoli e doppi sono sollevati avvitando dei golfari nei fori di sollevamento filettati previsti negli anelli della gabbia. Per gli altri tipi di coni con gabbia stampata si utilizzano attrezzi speciali. Spesso gli operatori usano i loro attrezzi, ma si deve prestare molta attenzione per evitare che il cuscinetto non venga danneggiato. Per le coppe, gli attrezzi dipenderanno dal modo in cui queste vengono manipolate (dall'interno o dall'esterno). Questi attrezzi come pure diversi metodi di sollevamento sono mostrati nella pagina a fianco. Generalmente, le coppe sono calzate sul rispettivo cono prima ancora di essere montate nella guarnitura.

Per ragioni di sicurezza tutti questi attrezzi devono essere controllati con regolarità.

Cuscinetti con tenute

Poiché questi cuscinetti sono preingrassati, la manipolazione ed il montaggio nella guarnitura dovrebbe essere fatta come una unità assemblata. La manipolazione di questo tipo di cuscinetto è mostrata in Fig. 5-37. Tale soluzione può essere utilizzata anche nel caso si preferisca montare un cuscinetto assemblato standard non ingrassato due o quattro file come una unità.

Fig. 5-37

5.2.2. Suggerimenti per il riaggiustamento del gioco al banco (BEP)

I cuscinetti possono essere controllati periodicamente, per verificare il livello di usura, in modo da determinare se in gioco iniziale (BEP) necessita di essere riaggiustato.

5.2.2.1. Misura del gioco al banco (BEP)

Per misurare il gioco al banco, il cuscinetto dovrebbe essere messo su una superficie solida e piana, con la coppa inferiore supportata da un dispositivo di fissaggio ad anello cavo in modo da evitare interferenze con la gabbia e permettere la libera rotazione del cuscinetto.

Ogni volta che un cuscinetto viene impilato (posto su un piano con l'asse verticale ??), sia per misurazioni, nel qual caso i distanziali coni e coppe sono esclusi, o per l'assemblaggio nella guarnitura, per ottenere il gioco di montaggio corretto si dovrà seguire la corretta sequenza di assiemaggio (ved. la procedura di marcatura del cuscinetto capitolo 5.1.1.).

Per avere tutti i componenti adeguatamente in contatto, è necessario caricare il cuscinetto da misurare, come mostrato in Fig. 5-38.

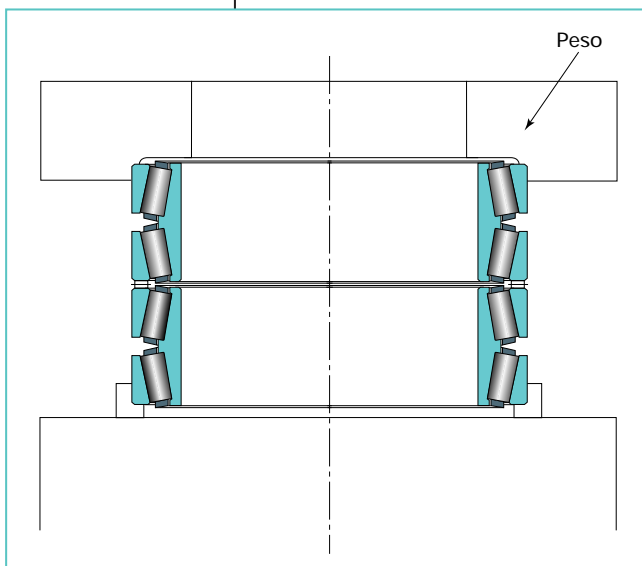



Fig. 5-38

Il peso utilizzato dovrebbe essere centrato sul diametro esterno della coppa del cuscinetto e scaricato per dare spazio alla gabbia e permettere una rotazione libera. Soprattutto i cuscinetti che hanno funzionato per lunghi periodi possono risultare ovalizzati, pertanto hanno bisogno di questo peso poiché i loro componenti devono essere assestati correttamente. Il carico applicato dovrebbe essere almeno uguale al peso del cuscinetto da misurare. Per cuscinetti di grandi dimensioni che richiedono un sistema di sollevamento per il peso, per motivi di sicurezza le catene di sollevamento sono mantenute sempre agganciate ma allentate. I Tecnici di Assistenza Timken sono disponibili per dare dei suggerimenti nell'utilizzo di questi dispositivi come pure per istruire il personale di manutenzione sulle procedure di misura dei cuscinetti.

Dopo aver caricato il cuscinetto, tutti i componenti sono fatti ruotare separatamente per assestare i rulli. Per aiutare l'assestamento e proteggere il cuscinetto si dovrebbe applicare un olio leggero al cuscinetto.

Per assentare completamente tutti i componenti può essere necessario una certa rotazione del cuscinetto, particolarmente per cuscinetti con molte ore di funzionamento. Un adeguato assestamento dei rulli può esserevfacilmentevverificato cercando di inserire una lamella da 0,05 mm di uno spessimetro tra la base dei rulli ed il bordino. Tutti i quattro set di rulli dovrebbero essere controllati per l'assestamento in quattro posizioni diverse.

Con tutti i componenti assestati, vengono misurate le distanze A_1 e A_2 sulle coppe e la distanza B_1 sui coni Ogni distanza sarà misurata in quattro punti equidistanti (Fig. 5-39a).

Calcolata la media aritmetica di ogni distanza misurata, si ottiene il valore dell'altezza del distanziale per avere gioco zero al banco. Di seguito vengono misurate le larghezza dei distanziali delle coppe e dei coni per verificare la loro larghezza reale. Anche le suddette misure vengono effettuate su 4 punti a 90 per verificare il loro parallelismo.

Dopo aver fatto queste misure, il gioco al banco viene ricavato dalla differenza tra il valore reale della larghezza di ogni singolo distanziale e la corrispettiva distanza (A_1 - A_2 - B_1).

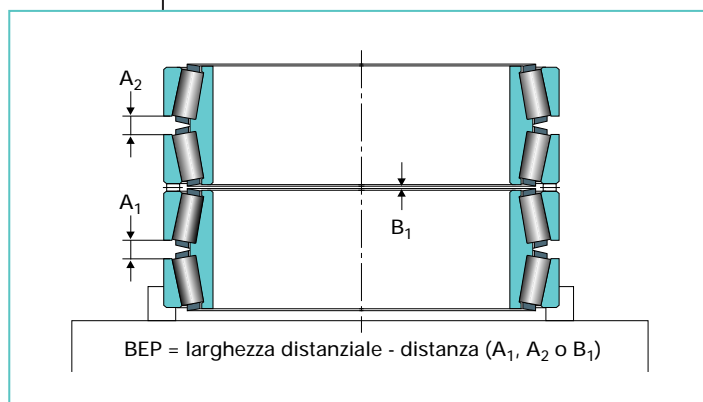



Fig. 5-39a
Misura del gioco al banco (BEP) di un TQO

Per misure del BEP tra le due file interne di un assemblaggio 2TDIW, suggeriamo di aggiungere un distanziale coppe campione, che permette di ottenere la distanza B_2 tra le facce interne dei coni di un assemblaggio 2TDIW e permette una più facile misura del BEP (ved. Fig. 5-39b). Il distanziale coppe centrale di un altro assemblaggio può essere utilizzato come distanziale coppe campione.

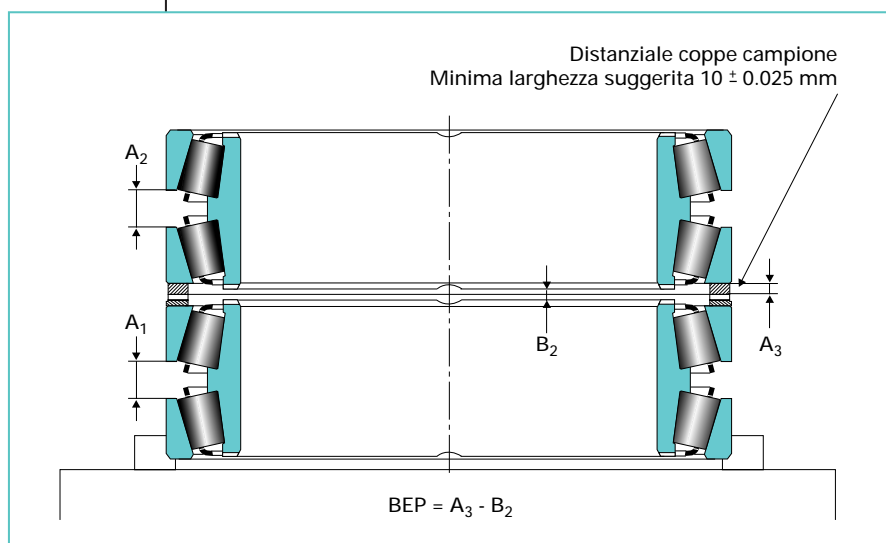



Fig. 5-39b
Misura del BEP delle file centrali di un 2TDIW

Conoscendo al larghezza del distanziale coppe campione, si può facilmente collegare la distanza misurata al valore reale del BEP. La larghezza campione deve essere definita in funzione degli strumenti di misura (almeno 10 mm) per fornire una distanza misurabile tra le facce interne dei coni.

5.2.2.2. Riaggiustamento del gioco al banco (BEP) per assemblaggi con distanziale

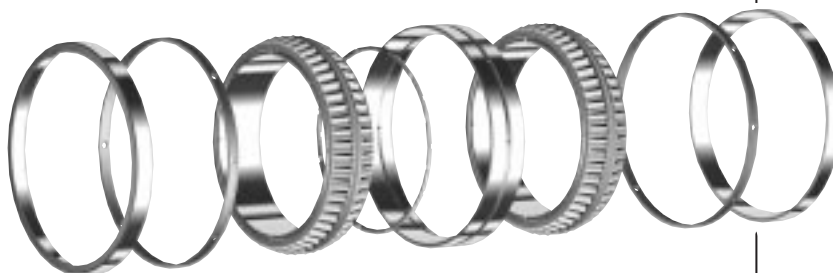
Nei cuscinetti TQOW la registrazione del cuscinetto può essere riaggiustata al valore desiderato rettificando ciascun distanziale. Per i cuscinetti 2TDIW il distanziale centrale delle coppe (stretto) deve essere sostituito poiché la sua larghezza deve essere aumentata, in funzione del gioco misurato (nota : è anche possibile rettificare le faccia interna dei coni).

Generalmente non è necessario rifare la registrazione del cuscinetto fino a che il gioco non ha raggiunto un valore doppio rispetto al valore originale. Per esempio, su un cuscinetto con un gioco originale di 0,304 mm (0.012”), non sarà necessario rettificare o sostituire i distanziali fino a che il gioco misurato nel cuscinetto non raggiunge 0,608 mm.

Riaggiustamento del gioco del cuscinetto

Gioco originale del cuscinetto (nuovo)	0,304 mm
Rettificare i distanziali quando il gioco raddoppia	0,608 mm
Rettificare i distanziali per ottenere 1,5 volte il gioco originale	0,456 mm

La regola generale, quando si rifà la registrazione di un cuscinetto assemblato, è di stabilire una volta e mezza il gioco originale del cuscinetto. Se il cuscinetto nuovo aveva un gioco di 0,304 mm, rettificare il distanziale per ottenere 0,456 mm di gioco. Questo è un fattore di sicurezza per assicurasi che la registrazione non sia troppo stretta. La tabella precedente mostra un esempio di calcolo per un cuscinetto con gioco originale di 0,304 mm. La misura del gioco e della larghezza dei distanziali dovrebbe essere registrata.

Dopo la pulitura e l’ispezione, il cuscinetto assemblato dovrebbe essere lubrificato per evitare il rischio di corrosione.

5.2.3. Rilubrificazione e manutenzione delle tenute

Quando si usa grasso per lubrificare i cuscinetti, ciascun cono è generalmente imballato con grasso poiché i componenti saranno assemblati nella guarnitura. Far attenzione a non mettere troppo grasso nel cuscinetto, a volte causa di eccessiva produzione di calore (far riferimento al capitolo 4). Il grasso può essere applicato al cono a mano. Aggiunte di grasso dovrebbero essere inviate attraverso appositi ingrassatori dopo che il cuscinetto è completamente assemblato nella guarnitura.

Se si usa lubrificazione a circolazione d'olio, a nebbia d'olio e aria-olio, si dovrebbe applicare ai componenti un leggero rivestimento d'olio appena questi sono assemblati. Olio aggiuntivo deve essere inviato per stabilire il livello d'olio richiesto dopo che la guarnitura viene messa in posizione. Prima di montare le tenute, assicurarsi che esse non siano danneggiate. Tale ispezione può essere fatta facilmente passando con le dita attorno alla circonferenza del labbro della tenuta. Se si trova una qualsiasi traccia di danneggiamento, la tenuta deve essere sostituita. Si dovrà fare molta attenzione a non danneggiare le tenute durante il montaggio della guarnitura sul collo cilindro (i labbri delle tenute strisciano sopra).

Per una corretta scelta del tipo e della quantità di lubrificante, far riferimento al capitolo 4 o contattare un tecnico di assistenza o un ingegnere della Timken.

5.2.4. Ispezioni delle guarniture e del collo

5.2.4.1. Ispezione delle guarniture

Per effettuare una completa ispezione della guarnitura, il cuscinetto assemblato deve essere tolto. La guarnitura dovrà essere pulita internamente e tutti i fori di lubrificazione e ventilazione soffiati con aria compressa. Se si usa lubrificazione a nebbia d'olio, si dovrà porre molta attenzione per assicurarsi che siano puliti gli ugelli di calibratura. Tracce di corrosione o di usura nell'alesaggio della guarnitura dovranno essere ben lucidate. Si dovrebbero anche effettuare dei controlli periodici (almeno una volta all'anno) della dimensione dell'alesaggio e della sua circolarità e registrarne i valori. Le guarniture possono deformarsi dopo lunghi periodi di funzionamento. Nella Fig. 5-40 sono riportati i valori suggeriti relativi ai limiti ammessi di ovalizzazione e dimensionale per l'alesaggio di guarniture che hanno lavorato.

Fig. 5-40

Variazioni ammesse nell'alesaggio delle guarniture		
Diametro esterno della coppa (mm)	Massimo errore di circolarità dell'alesaggio guarnitura (mm)	Massimo alesaggio guarnitura oltre il diametro nominale della coppa (mm)
0 to 304,8	0,15	+ 0,23
+ 304,8 to 609,6	0,30	+ 0,46
+ 609,6 to 914,4	0,46	+ 0,70
+ 914,4 to 1219,2	0,61	+ 0,92
+ 1219,2 to 1524,0	0,76	+ 1,22
+ 1524,0	0,91	+ 1,52

Gli spallamenti nella guarnitura dovrebbe essere privi di sbavature in modo da permettere un corretto appoggio delle coppe.

Le sbavature possono staccarsi durante il funzionamento ed entrare nel cuscinetto. Anche gli spallamenti dei coperchi dovrebbero essere privi di sbavature. Inoltre le tenute devono essere controllate attentamente e sostituite se notevolmente usurate o lacerate. Le tenute giocano un ruolo fondamentale per ottenere un buona durata dei cuscinetti e si dovrebbe dedicare una grande cura per mantenere sempre efficienti il loro stato nella guarnitura.

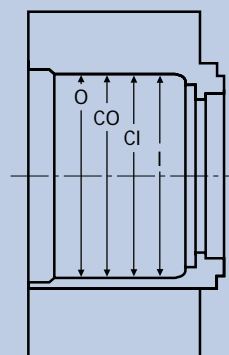
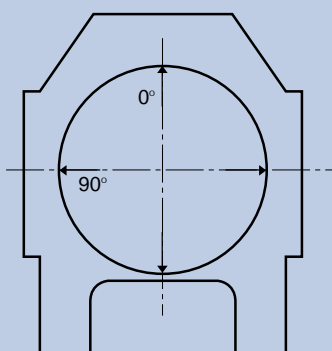
Le piastre di bloccaggio e le piastre di bilanciamento dovrebbero essere ispezionate per assicurarsi delle buone condizioni, con gli smussi adeguanti per permettere alle guarniture di oscillare e di allinearsi in presenza di flessioni del collo cilindro.

Nel reparto manutenzione si dovrebbe tenere una registrazione di ciascuna ispezione e misurazione delle guarniture in modo da programmare le riparazioni quando necessario. Una scheda tipica per le registrazioni è illustrata in Fig. 5-41.

SCHEDA DI REGISTRAZIONE DELL'ALESAGGIO GUARNITURA

Costruttore della guarnitura.. Data..

Utilizzatore del laminatoio.. Responsabile man. ....

Tipo di guarnitura : Cilindro di appoggio ( ) Cilindro di lavoro ( ) Tipo di laminatoio..

Dimensione dell'alesaggio guarnitura..

Guarnitura	Posizione		0°	90°	Media
		O			
		CO			
		CI			
		I			
		O			
		CO			
		CI			
		I			
		O			
		CO			
		CI			
		I			

Fig. 5-41

Prima di assemblare il cuscinetto nella guarnitura, verificare la scheda di registrazione per essere sicuri di utilizzare la zona di carico o il quadrante stabilito. Sulla faccia della guarnitura si può mettere un riferimento in modo da allineare facilmente tutte le coppe. Una leggera passata di olio o grasso nell'alesaggio della guarnitura aiuterà a ridurre la corrosione o l'usura in funzionamento tra le coppe e la guarnitura.

5.2.4.2. Ispezione del collo

Fig. 5-42

Alesaggio del cono		Diametro minimo permesso al di sotto dell'alesaggio nominale del cono
oltre (mm)	incluso (mm)	
–	76,2	– 0,30
76,2	101,6	– 0,38
101,6	127,0	– 0,46
127,0	152,4	– 0,53
152,4	203,2	– 0,61
203,2	304,8	– 0,69
304,8	609,6	– 0,91
609,6	914,4	– 1,22
914,4	–	– 1,52

Dopo la pulitura, il collo del cilindro dovrebbe essere ispezionato e controllato per le dimensioni e condizioni generali. Nella Fig. 5-42 sono riportati i valori suggeriti relativi ai limiti di usura ammessi per i colli del cilindro.

Nel reparto manutenzione si dovrebbe tenere una registrazione di ciascuna ispezione e misurazione del collo in modo da programmare le riparazioni quando necessario. Una scheda tipica per le registrazioni è illustrata in Fig. 5-43.

SCHEDA DI REGISTRAZIONE DEL DIAMETRO DEL COLLO

Cilindro N.................................

Data		Lato comando		Lato operatore	
		0°	90°	0°	90°
	A_o				
	A_c				
	A_i				
	A_o				
	A_c				
	A_i				
	A_o				
	A_c				
	A_i				

Fig. 5-43

Assicurarsi di levigare o eliminare ogni ammaccatura o rigatura sul collo del cilindro prima di riassemblare. Grosse sbavature possono creare difficoltà nell'assemblaggio dei coni sul collo, in modo particolare nei cilindri nuovi con dimensioni nominali del collo cilindro. Le superfici di strisciamento delle tenute dovrebbero essere lucidate o riparate se necessario. Bordi a spigoli vivi che possono tagliare i labbri delle tenute durante il montaggio dovrebbero essere eliminati.

Ricoprire il collo con lubrificante per aiutare la resistenza al grippaggio. Anche le superfici di strisciamento delle tenute dovrebbero essere lubrificate per facilitare lo scorrimento delle tenute sopra la parte smussata del collo. Manipolare con cura la guarnitura e il cuscinetto mentre si fanno scorrere sul collo cilindro, sia in montaggio che in smontaggio, per ridurre una buona parte del danneggiamento più comune riscontrato sulle tenute.

5.3. Risparmiare con il ricondizionamento dei vostri cuscinetti

I cuscinetti a rulli conici per colli di cilindro possono sopportare carichi, urti e velocità molto elevate. Tuttavia, in funzione delle condizioni di funzionamento (possibili sovraccarichi, ecc...) e dei fattori ambientali (condizione della colonna e delle guarniture, sistema di lubrificazione, ecc...), la durata può variare enormemente da un laminatoio ad un altro, anche se il tipo di laminatoio è lo stesso. Il reparto manutenzione può giocare un ruolo fondamentale nell'aumentare la durata dei cuscinetti e nel prevenire periodi di fermo del laminatoio.

I Tecnici di Assistenza sella Società Timken Vi possono aiutare nella vostra officina controllando i cuscinetti ed effettuando una diagnosi corretta della situazione. Essi possono anche informare il personale del reparto sulle diverse cause di danneggiamento dei cuscinetti e darVi suggerimenti sulle azioni future da prendere.

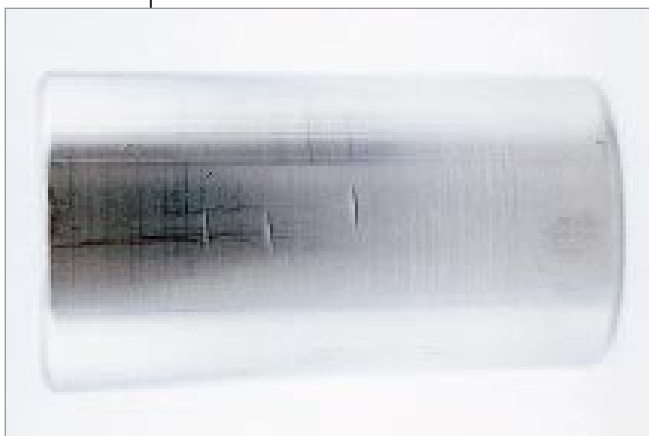
5.3.1. Analisi dei danneggiamenti dei cuscinetti

Danneggiamenti ai cuscinetti durante la manipolazione prima e durante l'installazione e danneggiamenti causati da inquinamento, impropria registrazione, lubrificazione e condizioni operative sono, di gran lunga, la causa principale di problemi prematuri.

In molti casi il danneggiamento può essere identificato dalle apparenze del cuscinetto, ma non è facile e qualche volta impossibile determinare le cause esatte di tale danneggiamento. Per esempio, un cuscinetto con la base dei rulli e il bordino rigati e colorati da eccesso di calore è facilmente identificato come cuscinetto surriscaldato e danneggiato dall'uso successivo. La causa di questa surriscaldamento o danneggiamento può, tuttavia, essere ricondotta ad un grande numero di cause come lubrificazione insufficiente od impropria. Si può trattare del lubrificante sbagliato come del sistema di arrivo del lubrificante sbagliato. Forse la viscosità troppo bassa o troppo alta, o la necessità di utilizzare un additivo estrema pressione piuttosto che un semplice olio minerale, ecc...

Da ciò si può vedere che il semplice esame di un cuscinetto può non rivelare le cause del problema. Se il cuscinetto è ancora riutilizzabile, esso può rivelare la cause, ma spesso è necessario effettuare una completa investigazione del montaggio, dell'installazione e delle parti interagenti con il funzionamento del cuscinetto per determinare le cause del danneggiamento. Senza che le vere cause siano scoperte e corrette, il cuscinetto sostituito verrà danneggiato nello stesso modo e ci saranno ancora problemi prematuri.

Le pagine seguenti offrono informazioni su alcuni diversi modi di danneggiamento con lo scopo di cautelare gli utilizzatori e di prevenirli nel prendere azioni preventive.

Modalità tipiche di danneggiamento nei cuscinetti per impianti siderurgici

Ammaccature dovute a manipolazione/montaggio improprio

Scagliature causate da :

a) Concentrazioni di sollecitazione per fattori geometrici dovute ad urti sulla faccia della coppa

b) Concentrazioni di sollecitazione per fattori geometrici sulla coppa dovute a disassamento

c) Concentrazioni di sollecitazione per fattori geometrici sul cono dovute a disassamento

Danneggiamento della gabbia

Rigature del bordino del cono e riscaldamento per lubrificazione insufficiente

Rigature della base dei rulli e riscaldamento per scarsa lubrificazione

Usura abrasiva

Usura delle tasche della gabbia per gioco eccessivo

Tracce di passaggio di corrente elettrica

Ossidazione

Scagliature dovute ad ossidazione

Deformazione della gabbia dovuta ad impropria manipolazione

inviate attraverso appositi ingrassatori dopo che il cuscinetto è completamente assemblato nella guarnitura.

Se si usa lubrificazione a circolazione d’olio, a nebbia d’olio e aria-olio, si dovrebbe applicare ai componenti un leggero rivestimento d’olio appena questi sono assemblati. Olio aggiuntivo deve essere inviato per stabilire il livello d’olio richiesto dopo che la guarnitura viene messa in posizione. Prima di montare le tenute, assicurarsi che esse non siano danneggiate. Tale ispezione può essere fatta facilmente passando con le dita attorno alla circonferenza del labbro

della tenuta. Se si trova una qualsiasi traccia di danneggiamento, la tenuta deve essere sostituita. Si dovrà fare molta attenzione a non danneggiare le tenute durante il montaggio della guarnitura sul collo cilindro (i labbri delle tenute strisciano sopra).

Per una corretta scelta del tipo e della quantità di lubrificante, far riferimento al capitolo 4 o contattare un tecnico di assistenza o un ingegnere della Timken.

5.2.4. Ispezioni delle guarniture e del collo

5.2.4.1. Ispezione delle guarniture

Per effettuare una completa ispezione della guarnitura, il cuscinetto assemblato deve essere tolto. La guarnitura dovrà essere pulita

internamente e tutti i fori di lubrificazione e ventilazione soffiati con aria compressa. Se si usa lubrificazione a nebbia d'olio, si dovrà porre molta attenzione per assicurarsi che siano puliti gli ugelli di calibratura. Tracce di corrosione o di usura nell'alesaggio della guarnitura dovranno essere ben lucidate. Si dovrebbero anche effettuare dei controlli periodici (almeno una volta all'anno) della dimensione dell'alesaggio e della sua circolarità e registrarne i valori. Le guarniture possono deformarsi dopo lunghi periodi di funzionamento. Nella Fig. 5-40 sono riportati i valori suggeriti relativi ai limiti ammessi di ovalizzazione e dimensionale per l'alesaggio di guarniture che hanno lavorato.

Pagina

6. Dati dei cuscinetti

Tolleranze di fabbricazione - Cuscinetti in pollici

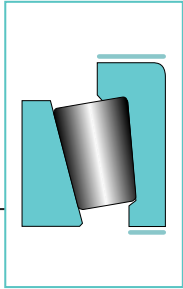
ANELLO INTERNO - ALESAGGIO

Per le tolleranze dell'anello interno fare riferimento alle tabelle di pagina 216

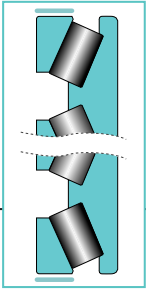
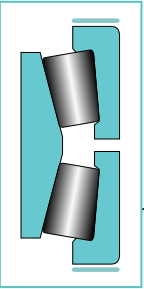
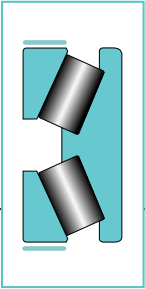
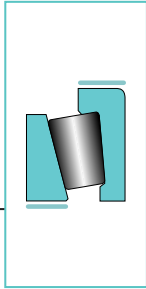
ANELLO ESTERNO - DIAMETRO ESTERNO

Per le tolleranze dell'anello esterno far riferimento alle tabelle di pagina 216

ANELLO INTERNO - LARGHEZZA, µm

Tipi di cuscinetto	Diametro interno Dimensioni	Classe 4		Classe 2	
		Min	Max	Min	Max
Cono singolo e doppio	Tutte le dimensioni	–254	+76	–254	+76

ANELLO ESTERNO - LARGHEZZA, µm

Tipi di cuscinetto	Diametro esterno Dimensioni	Classe 4		Classe 2	
		Min	Max	Min	Max
Coppa singola e doppia	Tutte le dimensioni	–254	+51	–254	+51

Tolleranze di fabbricazione - Cuscinetti in pollici

CUSCINETTO ASSEMBLATO - LARGHEZZA (T), µm

Diametro interno, mm più di	Diametro interno, mm a (incl.)	Tipi di cuscinetto	Classe 4 Min	Classe 4 Max	Classe 2 Min	Classe 2 Max	Tipo di cuscinetto	Classe 4 Min	Classe 4 Max	Classe 2 Min	Classe 2 Max
0	101.600	TS	0	+203	0	+203	2 FILE	0	+406	0	+406
101,600	304,800		–254	+356	0	+203		–508	+711	–203	+406
304,800	609,600		–	–	–381	+381		–	–	–762	+762
609,600	–		–381	+381	–	–		–762	+762	–	–

CUSCINETTO ASSEMBLATO - LARGHEZZA (T), µm

Diametro interno, mm	Tipi di cuscinetto	Classe 4 Min	Classe 4 Max	Classe 2 Min	Classe 2 Max	Tipo di cuscinetto	Classe 4 Min	Classe 4 Max	Classe 2 Min	Classe 2 Max
Tutte le dimensioni	2TDIW	–762	+762	–762	+762	TQO	–1524	+1524	–1524	+1524

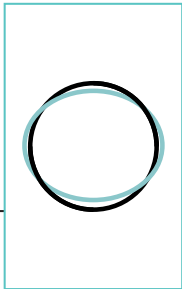
CUSCINETTO 2TDIW - LARGHEZZA CONO (B) PER ASSEMBLAGGI CON CONI IN CONTATTO, µm

Tolleranze più strette possono essere fornite sia sulla larghezza totale dei coni che delle coppe in funzione delle Vostre esigenze.
Le tolleranze sulla larghezza totale del cuscinetto non considerano la tolleranza sul BPL/BEP.

Tolleranze di fabbricazione - Cuscinetti in pollici

CUSCINETTO ASSEMBLATO - ERRORE RADIALE DI ROTAZIONE MASSIMO, µm

Tipi di cuscinetto	Diametro esterno, mm più di	a (incl.)	Classe 4	Classe 2	Classe 3	Classe 0
Tutti i tipi di cuscinetto	0	304,800	51	38	8	4
	304,800	609,600	51	38	18	–
	609,600	914,400	76	51	51	–
	914,400		76	–	76	–

Classe 3 e 0 : usate principalmente nei cuscinetti per laminatoi Sendzimir

Tolleranze di fabbricazione - Cuscinetti metrici

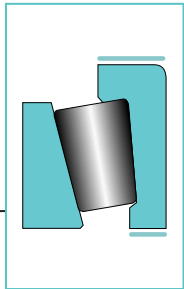
ANELLO INTERNO - ALESAGGIO

Per le tolleranze dell'anello interno far riferimento alle tabelle di pagina 217

ANELLO ESTERNO - DIAMETRO ESTERNO

Per le tolleranze dell'anello esterno far riferimento alle tabelle di pagina 217

ANELLO INTERNO - LARGHEZZA, μm

Tipi di cuscinetto	Diametro interno, mm		Classe K		Classe N	
	più di	a (incl.)	Min	Max	Min	Max
Cono singolo e doppio	10,000	50,000	–100	+0	–50	+0
	50,000	120,000	–150	+0	–50	+0
	120,000	315,000	–200	+0	–50	+0
	315,000	500,000	–250	+0	–50	+0
	500,000	630,000	–250	+0	–	–
	630,000	1200,000	–300	+0	–	–
	1200,000	–	–350	+0	–	–

ANELLO ESTERNO - LARGHEZZA, μm

Tipi di cuscinetto	Diametro esterno, mm		Classe K		Classe N	
	più di	a (incl.)	Min	Max	Min	Max
Coppa singola e doppia	18,000	80,000	–150	+0	–100	+0
	80,000	180,000	–200	+0	–100	+0
	180,000	400,000	–250	+0	–100	+0
	400,000	500,000	–300	+0	–100	+0
	500,000	800,000	–300	+0	–	–
	800,000	1200,000	–350	+0	–	–
	1200,000	–	–400	+0	–	–

Tolleranze di fabbricazione - Cuscinetti metrici

CUSCINETTO ASSEMBLATO - LARGHEZZA (T), µm

Tipi di cuscinetto	Diametro interno, mm		Classe K		Classe N	
	più di	a (incl.)	Min	Max	Min	Max
TS	10,000	80,000	0	+200	0	+100
	80,000	120,000	–200	+200	0	+100
	120,000	250,000	–250	+350	0	+150
	250,000	315,000	–250	+350	0	+200
	315,000	500,000	–400	+400	0	+200
	500,000	800,000	–400	+400	–	–
	800,000	–	–450	+450	–	–

CUSCINETTO ASSEMBLATO - LARGHEZZA (T), µm

Tipi di cuscinetto	Diametro interno, mm		Classe K		Classe N	
	più di	a (incl.)	Min	Max	Min	Max
TDI	10,000	50,000	–100	+400	–50	+200
	50,000	80,000	–150	+400	–50	+200
	80,000	120,000	–550	+400	–50	+200
	120,000	250,000	–600	+400	–50	+300
	250,000	315,000	–600	+400	–50	+400
	315,000	400,000	–650	+400	–50	+400
	400,000	500,000	–850	+500	–50	+400
	500,000	630,000	–850	+500	–	–
	630,000	800,000	–900	+500	–	–
	800,000	1000,000	–900	+600	–	–
	1000,000	1200,000	–1000	+600	–	–
	1200,000	–	–1150	+700	–	–

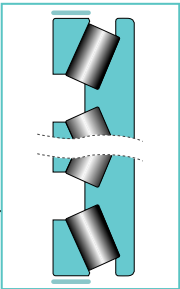
Tolleranze di fabbricazione - Cuscinetti metrici

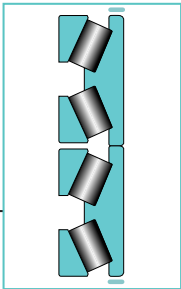
CUSCINETTO ASSEMBLATO - LARGHEZZA (T), µm

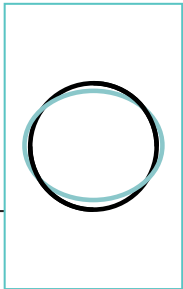
Tipi di cuscinetto	Diametro interno, mm		Diametro esterno, mm		Classe K		Classe N	
	più di	a (incl.)	più di	a (incl.)	Min	Max	Min	Max
TDO	10,000	80,000	18,000	80,000	–150	+400	–100	+200
			80,000	180,000	–200	+400	–100	+200
	80,000	120,000	80,000	180,000	–600	+400	–100	+200
			180,000	400,000	–650	+400	–100	+200
	120,000	250,000	120,000	180,000	–600	+400	–100	+300
			180,000	400,000	–650	+400	–100	+300
			400,000	500,000	–700	+400	–100	+300
	250,000	400,000	250,000	400,000	–650	+400	–100	+400
			400,000	500,000	–700	+400	–100	+400
			500,000	800,000	–700	+400	–	–
	400,000	500,000	400,000	500,000	–900	+500	–100	+400
			500,000	800,000	–900	+500	–	–
			800,000	1200,000	–950	+500	–	–
	500,000	800,000	500,000	800,000	–900	+500	–	–
			800,000	1200,000	–950	+500	–	–
			1200,000	–	–1000	+500	–	–
	800,000	1000,000	800,000	1200,000	–950	+600	–	–
			1200,000	–	–1000	+600	–	–
	1000,000	1200,000	1000,000	1200,000	–1050	+600	–	–
			1200,000	–	–1100	+600	–	–
	1200,000	–	1200,000	–	–1200	+700	–	–

Tolleranze di fabbricazione - Cuscinetti metrici

CUSCINETTO ASSEMBLATO - LARGHEZZA (T), µm

Diametro interno		Tipi di cuscinetto	Classe K		Classe N		Tipo di cuscinetto	Classe K		Classe N	
			Min	Max	Min	Max		Min	Max	Min	Max
0,000	500,000	2TDIW	–800	+800	–800	+800	TQO	–1600	+1600	–1600	+1600
500,000	800,000		–800	+800	–	–		–1600	+1600	–	–
800,000	–		–900	+900	–	–		–1600	+1600	–	–

CUSCINETTO 2TDIW - LARGHEZZA CONO (B) PER ASSEMBLAGGI CON CONI IN CONTATTO, µm

Tipi di cuscinetto	Diametro interno, mm		Classe K		Classe N	
	più di	a (incl.)	Min	Max	Min	Max
2TDIW	10,000	50,000	–200	+0	–100	+0
	50,000	120,000	–300	+0	–100	+0
	120,000	315,000	–400	+0	–100	+0
	315,000	500,000	–500	+0	–100	+0
	500,000	630,000	–500	+0	–	–
	630,000	1200,000	–600	+0	–	–
	1200,000	–	–700	+0	–	–

Tolleranze più strette possono essere fornite sia sulla larghezza totale dei coni che delle coppe in funzione delle Vostre esigenze.
Le tolleranze sulla larghezza totale del cuscinetto non considerano la tolleranza sul BPL/BEP.

Tolleranze di fabbricazione - Cuscinetti metrici

CUSCINETTO ASSEMBLATO - ERRORE RADIALE DI ROTAZIONE MASSIMO, µm

Tipi di cuscinetto	Diametro esterno, mm più di	a (incl.)	Classe K	Classe N	Classe C	Classe B
Tutti i tipi di cuscinetto		30	18	18	5	3
	30	50	20	20	6	3
	50	80	25	25	6	4
	80	120	35	35	6	4
	120	150	40	40	7	4
	150	180	45	45	8	4
	180	250	50	50	10	5
	250	265	60	60	11	5
	265	315	60	60	11	5
	315	400	70	70	13	–
	400	500	80	80	18	–
	500	630	100	–	25	–
	630	800	120	–	35	–
	800	1000	140	–	50	–
	1000	1200	160	–	60	–
	1200	1600	180	–	80	–
	1600	2000	200	–	–	–

Classe C e B : usate principalmente nei cuscinetti per laminatoi Sendzimir

Tolleranze di accoppiamento per cuscinetti in pollici - applicazioni colli di cilindro

Cuscinetti in Classe 4 e 2

SEDE DEGLI ANELLI INTERNI

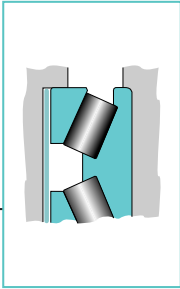
Scostamento dal diametro nominale (minimo) dell'anello interno del cuscinetto ed accoppiamento risultante, µm

Diametro esterno Dimensioni mm		Tolleranza di produzione µm		Scostamento dal diametro nominale	Accoppia-mento risultante
più di	a (incl.)	Class 4	Class 2		
0	304,800	0 +25	0 +25	+51 +76	26L 76L
304,800	609,600	0 +51	0 +51	+102 +152	51L 152L
609,600	914,400	0 +76	0 +76	+152 +229	76L 229L
914,400	1219,200	0 +102	– –	+203 +305	102L 305L
1219,200	1524,000	0 +127	– –	+254 +381	127L 381L
1524,000		0 +127	– –	+305 +432	178L 432L

L = Libero

SEDE DEGLI ANELLI ESTERNI

Scostamento dal diametro nominale (minimo) dell'anello esterno del cuscinetto ed accoppiamento risultante, µm

Diametro interno Dimensioni mm		Tolleranza di produzion µm		Scostamento dal diametro nominale	Accoppia-mento risultante
più di	a (incl.)	Classe 4	Classe 2		
0	76,200	0 +13	0 +13	–51 –76	51L 89L
76,200	101,600	0 +25	0 +25	–76 –102	76L 127L
101,600	127,000	0 +25	0 +25	–102 –127	102L 152L
127,000	152,400	0 +25	0 +25	–127 –152	127L 177L
152,400	203,200	0 +25	0 +25	–152 –178	152L 203L
203,200	304,800	0 +25	0 +25	–178 –203	178L 228L
304,800	609,600	– –	0 +51	–203 –254	203L 305L
609,600	914,400	0 +76	– –	–254 –330	254L 406L
914,400	1219,200	0 +102	– –	–305 –406	305L 508L
1219,200		0 +127	– –	–305 –432	305L 559L

Tolleranze di accoppiamento per cuscinetti metrici - applicazioni colli di cilindro

Cuscinetti in Classe K e N

SEDE DEGLI ANELLI INTERNI

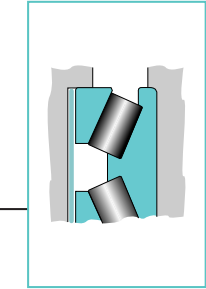
Scostamento dal diametro nominale (massimo) dell'anello interno del cuscinetto ed accoppiamento risultante, µm

Diametro esterno Dimensioni mm		Tolleranza di produzione		Scostamento da diametro nominale		Accoppia-mento risultante
più di	a (incl.)	Classe K	Classe N			
30,000	50,000	–14 0	–14 0	F6	+41 +25	55L 25L
50,000	80,000	–16 0	–16 0	F6	+49 +30	65L 30L
80,000	120,000	–18 0	–18 0	F6	+58 +36	76L 36L
120,000	150,000	–20 0	–20 0	F6	+68 +43	88L 43L
150,000	180,000	–25 0	–25 0	F6	+68 +43	93L 43L
180,000	250,000	–30 0	–30 0	F6	+79 +50	109L 50L
250,000	315,000	–35 0	–35 0	F6	+88 +56	123L 56L
315,000	400,000	–40 0	–40 0	F7	+119 +62	159L 62L
400,000	500,000	–45 0	–45 0	F7	+131 +68	176L 68L
500,000	630,000	–50 0	–50 0	F7	+146 +76	196L 76L
630,000	800,000	–80 0	– –	F7	+160 +80	240L 80L
800,000	1000,000	–100 0	– –	F7	+176 +86	276L 86L
1000,000	1200,000	–130 0	– –	F7	+203 +98	333L 98L
1200,000	1250,000	–165 0	– –	F7	+203 +98	368L 98L
1250,000	1600,000	–165 0	– –	F7	+235 +110	400L 110L
1600,000	2000,000	–200 0	– –	F7	+270 +120	470L 120L

SEDE DEGLI ANELLI ESTERNI

Scostamento dal diametro nominale (massimo) dell'anello esterno del cuscinetto ed accoppiamento risultante, µm

Diametro interno Dimensioni mm		Tolleranza di produzione		Scostamento dal diametro nominale		Accoppia-mento risultante
più di	a (incl.)	Classe K	Classe N			
30,000	50,000	–12 0	–12 0	e7	–50 –75	38L 75L
50,000	80,000	–15 0	–15 0	e7	–60 –90	45L 90L
80,000	120,000	–20 0	–20 0	d7	–120 –155	100L 155L
120,000	180,000	–25 0	–25 0	d7	–145 –185	120L 185L
180,000	250,000	–30 0	–30 0	d7	–170 –216	140L 216L
250,000	315,000	–35 0	–35 0	d7	–190 –242	155L 242L
315,000	400,000	–40 0	–40 0	d7	–210 –267	170L 267L
400,000	500,000	–45 0	–45 0	d7	–230 –293	185L 293L
500,000	630,000	–50 0	– –	d7	–260 –330	210L 330L
630,000	800,000	–80 0	– –	quality 7	–320 –400	240L 400L
800,000	1000,000	–100 0	– –	quality 7	–360 –450	260L 450L
1000,000	1200,000	–130 0	– –	quality 7	–425 –530	295L 530L
1200,000	1250,000	–150 0	– –	quality 7	–425 –530	275L 530L
1250,000	1600,000	-150 0	– –	quality 7	–475 –600	325L 600L

L = Libero

Tolleranze di accoppiamento per cuscinetti in pollici - applicazioni industriali

Cuscinetti in Classe 4 e 2

SEDE DEGLI ANELLI INTERNI

Scostamento dal diametro nominale (minimo) dell'anello interno del cuscinetto ed accoppiamento risultante, µm

Diametro esterno Dimensioni mm		Tolleranza di produzione, µm		Anello esterno stazionario – Anello esterno flottante o bloccato assialmente		Anello esterno stazionario – Anello esterno registrabile		Anello esterno stazionario o rotante – Anello esterno non registrabile o montato in un coperchio porta anello esterno, pulegge, pulegge, anello esterno bloccato assialmente		Anello esterno rotante – Pulegge, anello esterno non bloccato assialmente	
più di	a (incl.)	Classe 4	Classe 2	Scostamento dal diametro nominale	Accoppiamento risultante	Scostamento dal diametro nominale	Accoppiamento risultante	Scostamento dal diametro nominale	Accoppiamento risultante	Scostamento dal diametro nominale	Accoppiamento risultante
0	76,200	0	0	+51	26L	0	25F	–38	63F	–76	101F
		+25	+25	+76	76L	+25	25L	–13	13F	–51	51F
76,200	127,000	0	0	+51	26L	0	25F	–51	76F	–76	101F
		+25	+25	+76	76L	+25	25L	–25	25F	–51	51F
127,000	304,800	0	0	+51	26L	0	25F	–51	76F	–76	101F
		+25	+25	+76	76L	+51	51L	–25	25F	–51	51F
304,800	609,600	0	0	+102	51L	+26	25F	–76	127F	–102	153F
		+51	+51	+152	152L	+76	76L	–25	25F	–51	51F
609,600	914,400	0	0	+152	76L	+51	25F	–102	178F	–127	203F
		+76	+76	+229	229L	+127	127L	–25	25F	–51	51F
914,400	1219,200	0	–	+204	102L	+76	25F	–127	229F	–153	255F
		+102	–	+305	305L	+178	178L	–25	25F	–51	51F
1219,200	–	0	–	+254	127L	+102	25F	–152	279F	–178	305F
		+127	–	+381	381L	+229	229L	–25	25F	–51	51F

L = Libero F = Forzato

Tolleranze di accoppiamento per cuscinetti in pollici - applicazioni industriali

Cuscinetti in Classe 4 e 2

SEDE DEGLI ANELLI ESTERNI

Scostamento dal diametro nominale (minimo) dell'anello interno del cuscinetto ed accoppiamento risultante, µm

Diametro interno, mm						Albero rotante				Albero rotante o stazionario			
Dimensioni mm		Tolleranza di produzione µm				Sede rettificata, carichi costanti con urti moderati				Sede rettificata o tornita, forti carichi, alte velocità o urti			
		Classe 4		Classe 2		Scostamento dal diametro nominale		Accoppiamento risultante		Scostamento dal diametro nominale		Accoppiamento risultante	
più di	a (incl.)	Min	Max	Min	Max	Min	Max			Min	Max		
0	76,2	0	+13	0	+13	+25	+38	12F	38F	+38	+64	25F	64F
76,2	88,9									+38	+64	13F	64F
88,9	114,3									+51	+76	25F	76F
114,3	139,7									+64	+89	38F	89F
139,7	165,1									+76	+102	51F	102F
165,1	190,5	0	+25	0	+25	+38	+64	13F	64F	+89	+114	64F	114F
190,5	215,9									+102	+127	76F	127F
215,9	241,3									+114	+140	89F	140F
241,3	266,7									+127	+152	102F	152F
266,7	292,1									+140	+165	114F	165F
292,1	304,8									+152	+178	127F	178F
304,8	317,5									+152	+203	101F	203F
317,5	342,9									+165	+216	114F	216F
342,9	368,3									+178	+229	127F	229F
368,3	393,7									+190	+241	139F	241F
393,7	419,1									+203	+254	152F	254F
419,1	444,5	–	–	0	+51	+76	+127	127F	25F	+216	+267	165F	267F
444,5	469,9									+229	+279	178F	279F
469,9	495,3									+241	+292	190F	292F
495,3	520,7									+254	+305	203F	305F
520,7	546,1									+267	+318	216F	318F
546,1	571,5									+279	+330	228F	330F
571,5	596,9									+292	+343	241F	343F
596,9	609,6									+305	+356	254F	356F
609,6	914,4	0	+76	–	–	+114	+190	38F	190F	+305	+381	229F	381F
914,4	1219,2	0	+102	–	–	+150	+252	48F	252F	+305	+406	203F	406F
1219,2	–	0	+127	–	–	+178	+305	51F	305F	+305	+431	178F	431F

F = Forzato

Tolleranze di accoppiamento per cuscinetti metrici - applicazioni industriali

Cuscinetti in Classe K e N

SEDE DEGLI ANELLI INTERNI

Scostamento dal diametro nominale (massimo) dell'anello esterno del cuscinetto ed accoppiamento risultante, µm

Diametro esterno						Anello esterno stazionario				Anello esterno stazionario o rotante								Anello esterno rotante			
Dimensioni mm		Tolleranza di produzione µm				Anello esterno flottante o bloccato assialmente				Anello esterno registrabile				Anello esterno non registrabile o montato in un coperchio porta anello esterno, pulegge, anello esterno non bloccato assialmente				Pulegge, anello esterno non bloccato assialmente			
		Classe K		Classe N		Scostamento dal diametro nominale			Accoppiamento risultante	Scostamento dal diametro nominale			Accoppiamento risultante	Scostamento dal diametro nominale			Accoppiamento risultante	Scostamento dal diametro nominale			Accoppiamento risultante
più di	a (incl.)	Min	Max	Min	Max		Min	Max			Min	Max			Min	Max			Min	Max	
18	30	-12	0	–12	0	G7	+7	+28	40L 7L	J7	–9	+12	24L 9F	P7	–35	–14	2F 35F	R7	–41	–20	8F 41F
30	50	–14	0	–14	0	G7	+9	+34	48L 9L	J7	–11	+14	28L 11F	P7	–42	–17	3F 42F	R7	–50	–25	11F 50F
50	65	–16	0	–16	0	G7	+10	+40	56L 10L	J7	–12	+18	34L 12F	P7	–51	–21	5F 51F	R7	–60	–30	14F 60F
65	80																		–62	–32	16F 62F
80	100	–18	0	–18	0	G7	+12	+47	65L 12L	J7	–13	+22	40L 13F	P7	–59	–24	6F 59F	R7	–73	–38	20F 73F
100	120																		–76	–41	23F 76F
120	140	–20	0	–20	0	G7	+14	+54	74L 14L	J7	–14	+26	46L 14F	P7	–68	–28	8F 68F	R7	–88	–48	28F 88F
140	150																		–90	–50	30F 90F
150	160	–25	0	–25	0	G7	+14	+54	79L 14L	J7	–14	+26	51L 14F	P7	–68	–28	3F 68F	R7	–90	–50	25F 90F
160	180																		–93	–53	28F 93F
180	200	–30	0	–30	0	G7	+15	+61	91L 15L	J7	–16	+30	60L 16F	P7	–79	–33	3F 79F	R7	–106	–60	30F 106F
200	225																		–109	–63	33F 109F
225	250																		–113	–67	37F 113F
250	280	–35	0	–35	0	G7	+17	+69	104L 17L	J7	–16	+36	71L 16F	P7	–88	–36	1F 88F	R7	–126	–74	39F 126F
280	315																		–130	–78	43F 130F
315	355	–40	0	–40	0	F7	+62	+119	159L 62L	J7	–18	+39	79L 18F	P7	–98	–41	1F 98F	R7	–144	–87	47F 144F
355	400																		–150	–93	53F 150F
400	450	–45	0	–45	0	F7	+68	+131	176L 68L	J7	–20	+43	88L 20F	P7	–108	–45	0 108F	R7	–166	–103	58F 166F
450	500																		–172	–109	64F 172F
500	560	–50	0	–50	0	F7	+76	+146	196L 76L	JS7	–35	+35	85L 35F	P7	–148	–78	28F 148F	R7	–220	–150	100F 220F
560	630																		–225	–155	105F 225F
630	710	–80	0	–	–	F7	+80	+160	240L 80L	JS7	–40	+40	120L 40F	P7	–168	–88	8F 168F	R7	–255	–175	95F 255F
710	800																		–265	–185	105F 265F
800	900	–100	0	–	–	F7	+86	+176	276L 86L	JS7	–45	+45	145L 45F	P7	–190	–100	0F 190F	R7	–300	–210	110F 300F
900	1000																		–310	–220	120F 310F

L = Libero F = Forzato

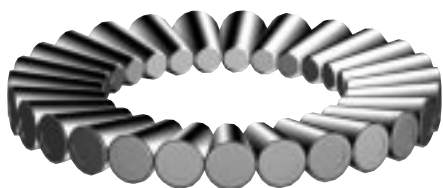
Tolleranze di accoppiamento per cuscinetti metrici - applicazioni industriali

Cuscinetti in Classe K e N

SEDE DEGLI ANELLI ESTERNI

Scostamento dal diametro nominale (massimo) dell'anello interno del cuscinetto ed accoppiamento risultante, µm

Diametro interno						Albero rotante					Albero rotante o stazionario				
Dimensioni mm		Tolleranza di produzione µm				Sede rettificata, carichi costanti con urti moderati					Sede rettificata o tornita, forti carichi, alte velocità o urti				
		Classe K		Classe N		Scostamento dal diametro nominale			Accoppiamento risultante		Scostamento dal diametro nominale			Accoppiamento risultante	
più di	a (incl.)	Min	Max	Min	Max		Min	Max	Min	Max		Min	Max	Min	Max
10	18	–12	0	–12	0	m6	+7	+18	7F	30F	n6	+12	+23	12F	35F
18	30	–12	0	–12	0	m6	+8	+21	8F	33F	n6	+15	+28	15F	40F
30	50	–12	0	–12	0	m6	+9	+25	9F	37F	n6	+17	+33	17F	45F
50	80	–15	0	–15	0	m6	+11	+30	11F	45F	n6	+20	+39	20F	54F
80	120	–20	0	–20	0	m6	+13	+35	13F	55F	n6	+23	+45	23F	65F
120	180	–25	0	–25	0	m6	+15	+40	15F	65F	p6	+43	+68	43F	93F
180	200	–30	0	–30	0	m6	+17	+46	17F	76F	r6	+77	+106	77F	136F
200	225											+80	+109	80F	139F
225	250											+84	+113	84F	143F
250	280	–35	0	–35	0	m6	+20	+52	20F	87F	r6	+94	+126	94F	161F
280	315											+98	+130	98F	165F
315	355	–40	0	–40	0	n6	+37	+73	37F	113F	r6	+108	+144	108F	184F
355	400											+114	+150	114F	190F
400	450	–45	0	–45	0	n6	+40	+80	40F	125F	r6	+126	+166	126F	211F
450	500											+132	+172	132F	217F
500	560	–50	0	–	–	n6	+44	+88	44F	138F	r6	+150	+194	150F	244F
560	630											+155	+199	155F	249F
630	710	–80	0	–	–	n7	+50	+130	50F	210F	r7	+175	+255	175F	335F
710	800											+185	+265	185F	345F
800	900	–100	0	–	–	n7	+56	+146	56F	246F	r7	+210	+300	210F	400F
900	1000											+220	+310	220F	410F

F = Forzato

TTHDSX / TTHDSV

“Utilizzati principalmente nei sistemi di viti di pressione dei laminatoi”

Informazioni generali

- si possono avere configurazioni diverse, con la pista dell’anello inferiore piana,
- per il TTHD con la superficie superiore piana, si suggerisce di consultare il “Manuale Tecnico” Timken,
- i cuscinetti TTHD possono essere forniti con o senza gabbia.

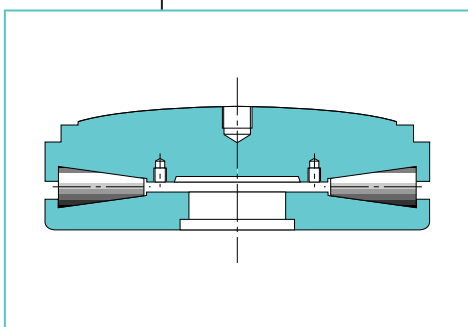



Fig. 1 : TTHDSX

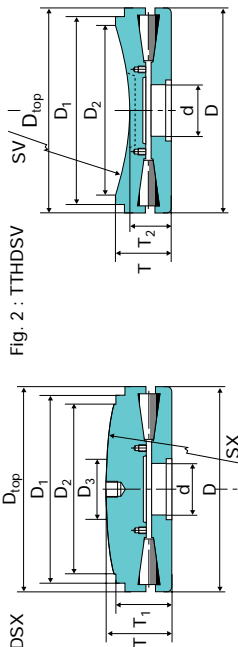
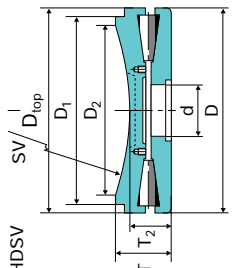



Fig. 2 : TTHDSV

Note :

Altri tipi di cuscinetti reggispinta TTHD sono riportati nel "Manuale Tecnico" Timken,

Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,

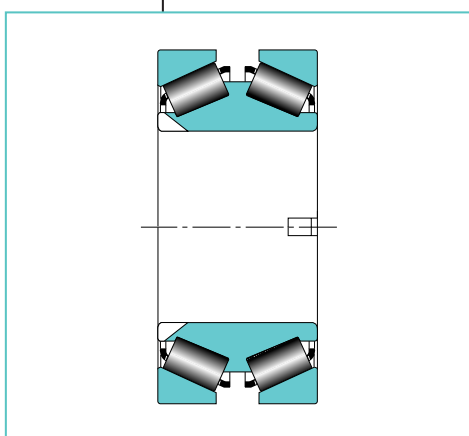
senza foro nell'anello inferiore.

TTHDSX - TTHDSV

Dimensioni, mm						Capacità, N	Dimensioni, mm					Massa kg	Serie del cuscinetto
d	Anello inferiore D	Anello superiore D_{top}	T	T_1	T_2	C assiale	D_1	D_2	D_3	Figura 1 SX	Figura 2 SV		
76,200	161,925	161,925	49,212	55,580		1250000	161,920	127,000	31,750	457,200		7	T311
76,200	215,900	215,900	65,088	74,630		2160000	203,200	171,450	50,800	508,000		17	T411
101,600	266,700	266,700	79,375	92,080		3260000	247,650	215,900	63,500	609,600		31	T511
127,000	266,700	266,700	79,375	92,080		3260000	247,650	215,900	63,500	609,600		30	T511
101,600	266,700	266,700	79,375		65,890	3260000	247,650	228,600	76,200		609,600	26	T511
#	317,500	317,500	87,312	98,420		4750000	292,100	228,600	76,200	762,000		48	T611
152,400	317,500	317,500	87,312	100,030		4750000	292,100	228,600	76,200	711,200		44	T611
152,400	317,500	317,500	87,312	98,420		4750000	292,100	228,600	76,200	762,000		44	T611
152,400	317,500	317,500	87,312	98,420		4750000	292,100	228,600	76,200	755,650		46	T611
#	368,300	368,300	104,775		84,120	6350000		292,100	152,400		622,300	73	T711
177,800	368,300	368,300	104,775		85,720	6350000		292,100	152,400		622,300	67	T711
177,800	368,300	368,300	101,600	120,650		6350000		298,450	101,600	762,000		75	T711
#	419,100	412,750	123,825		90,470	8100000		342,900	177,800		508,000	104	T811
203,200	419,100	412,750	115,888	136,570		8100000	388,920	342,900	114,300	838,700		106	T811
203,200	419,100	419,100	123,825		90,470	8100000	388,920	342,900	177,800		508,000	92	T811
#	482,600	482,600	150,622	171,250		11050000	457,200	419,100	152,400	1295,400		203	T9030
168,275	482,600	482,600	131,762	152,400		11050000	457,200	419,100	152,400	1295,400		168	T9030
168,275	482,600	482,600	131,762	158,750		11050000	457,200	419,100	152,400	1066,800		168	T9030

Dimensioni, mm						Capacità, N	Dimensioni, mm					Massa kg	Serie del cuscinetto
d	Anello inferiore D	Anello superiore D_{top}	T	T_1	T_2	C assiale	D_1	D_2	D_3	Figura 1 SX	Figura 2 SV		
#	482,600	482,600	166,000		126,210	11050000		428,620	203,200		635,000	194	T9030
168,275	482,600	482,600	146,050		106,380	13900000		428,620	177,800		635,000	162	EX9440
228,600	482,600	482,600	131,762	152,400		10850000	457,200	419,100	177,800	1295,400		164	T911
228,600	482,600	482,600	146,050		106,380	10850000		428,620	203,200		635,000	148	T911
228,600	482,600	482,600	114,300	152,400		10850000		444,500	152,400	895,350		169	T911
254,000	539,750	539,750	158,750		122,240	13750000		406,400	203,200		635,000	218	T1011
254,000	539,750	539,750	158,750		117,480	13750000	495,300	434,980	203,200		635,000	199	T1011
254,000	539,750	539,750	158,750		117,480	13750000	495,300	434,980	203,200		635,000	199	T1011
254,000	539,750	539,750	149,225	174,620		13750000	508,000	447,680	127,000	1066,800		226	T1011
234,950	546,100	546,100	171,450		111,120	16050000	508,000	431,800	203,200		558,800	257	T9250
139,700	546,100	549,275	155,575	179,370		16050000	508,000	457,200	152,400	1295,400		266	T9250
139,700	546,100	549,275	155,575	179,370		16050000	508,000	457,200	152,400	1295,400		265	T9250
234,950	546,100	549,275	155,575	179,370		16050000	508,000	457,200	152,400	1295,400		253	T9250
234,950	546,100	546,100	168,275		124,610	16050000	520,700	457,200	203,200		641,350	222	T9250
279,400	603,250	603,250	161,925	187,320		17950000	571,500	482,600	152,400	1308,100		308	T1120
168,275	635,000	638,175	177,800	206,380		22600000	596,500	508,000	177,800	1422,400		*	T8920
431,800	939,800	942,975	260,350	304,800		44400000	714,400	762,000	254,000	2000,250		1260	T17020
304,800	1143,000	1146,175	317,500	393,700		73000000	999,600	999,600	304,800	2000,250		2532	T12040

TDIK

"Utilizzati nelle posizioni assiali di cilindri di lavoro in presenza di elevati carichi assiali, o nelle posizioni assiali di cilindri di appoggio se necessario".

Informazioni generali

R Raggio di raccordo massimo per l'albero,

d_a Diametro dello spallamento dell'albero,

r Raggio di raccordo massimo per l'alloggiamento,

D_b Diametro dello spallamento dell'alloggiamento da usare anche per il gioco della gabbia,

A_b Gioco assiale della gabbia,

Gabbia S = stampata, P = a perni,

Chiavetta Nota che per la Fig. 3, "b" può essere uguale a zero,

BUR Cilindri di appoggio,

WR Cilindri di lavoro,

Utilizzo BUR = consigliati come cuscinetto assiale nei cilindri di appoggio su Morgoil,

WR = consigliati come cuscinetto assiale nei cilindri di lavoro.

TDIK
per posizioni assiali

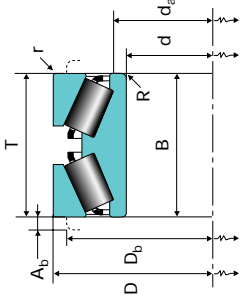
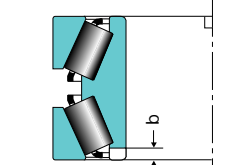
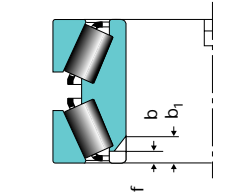
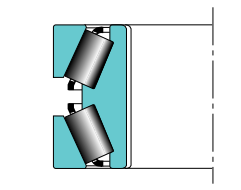
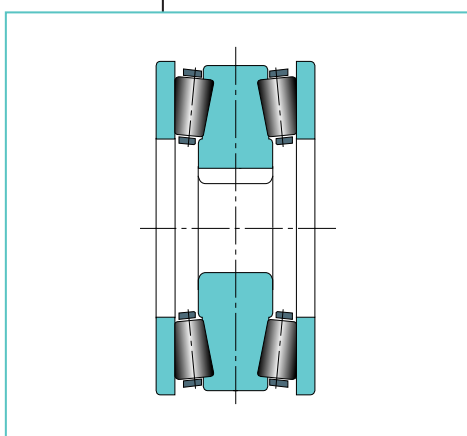



Figura 1 — Figura 2 — Figura 3 — Figura 4

Note :
Tutte le serie possono essere previste con un sistema di molle integrate nelle coppe,
Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,
† la dimensione indicata è il valore massimo,
* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken,
A_b contattare l'Ingegnere di Vendita Timken.

Dimensioni, mm				Capacità, N							Dimensioni, mm				Gabbia	Dimensioni, mm Chiavetta				Massa kg	Serie del cuscinetto	Utilizzo suggerito	Figura
				1 x 10^6 cicli			90 x 10^6 cicli			Assiale statica													
d	D	T	B	$C_{1(1)}$	e	Y	C_{a90}	$C_{90(1)}$	K	C_{a0}	R	d_a	r	D_b		f	b	b_1	rk				
63,500	140,030	66,090	65,989	158000	0,87	0,69	60900	41100	0,67	487000	2,3	78,9	2,3	117,0	S					5	78000	WR	1
127,000	228,600	160,338	151,244	348000	0,74	0,81	114000	90200	0,79	1040000	1,5	144,0	3,3	197,0	S					22	97000	WR	1
†160,000	343,000	160,000	160,000	960400	0,55	0,74	345000	249000	0,72	3310000	3,3	190,0	3,3	280,0	S	30,00		25,00		*	H936300	WR	3
215,900	330,200	193,675	193,675	685000	0,55	1,09	168000	178000	1,06	2140000	3,3	238,0	3,3	300,0	S					53	9900	WR	1
215,900	355,600	127,000	130,175	703000	0,59	1,02	184000	182000	0,99	2440000	6,4	249,0	3,3	318,0	S					50	96000	WR	1
228,600	431,800	158,750	158,750	1090000	0,88	0,68	427000	282000	0,66	4130000	6,4	271,5	6,4	375,0	P					102	113000	WR	1
260,350	419,100	158,750	155,575	1100000	0,6	0,99	296000	286000	0,97	3540000	3,3	289,0	3,3	376,0	S					80	435000	WR	1
260,350	444,500	196,850	196,850	1580000	0,55	1,10	383000	410000	1,07	4250000	6,4	295,5	3,3	399,0	P					120	823000	WR	1
279,400	482,600	177,800	177,800	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	WR	*
276,225	381,000	95,250	88,900	454000	0,58	1,03	117000	118000	1,00	1600000	3,3	297,0	3,3	354,0	S					29	89000	WR	1
†300,000	†460,000	180,000	180,000	1340000	0,82	0,73	484000	346000	0,71	5970000	2,5	330,0	*	*	S	51,30	7,50	25,40	–	*	HM957500	WR	3
†300,000	†480,000	180,000	180,000	1340000	0,82	0,73	484000	346000	0,71	5970000	2,5	330,0	4,1	427,0	S	51,30	7,50	25,40	–	120	HM957500	WR	3
305,000	559,948	200,000	169,977	1570000	1,09	0,55	760000	407000	0,54	8180000	3,3	348,5	2,0	479,0	P					205	HM959300	BUR	1
305,000	559,867	170,434	169,977	1520000	0,87	0,69	583000	393000	0,67	6130000	3,3	346,0	1,5	485,0	P					171	HM959600	BUR	1
305,034	559,816	199,263	200,000	1470000	1,09	0,55	713000	382000	0,54	7470000	3,3	348,0	3,3	478,0	S	50,80	25,40	39,67		209	HM959300	BUR	3
305,034	499,948	200,025	200,025	1330000	0,87	0,69	512000	345000	0,67	6410000	3,3	346,0	6,4	442,0	S	51,31	17,45	34,92	8,15	146	HM959700	BUR	3 & 4
317,754	499,948	200,025	200,025	1140000	1,17	0,51	594000	296000	0,50	6440000	6,4	348,0	6,4	438,0	P					*	M959400	BUR	1
365,608	514,350	140,000	144,000	987400	0,74	0,81	324000	256000	0,79	4800000	2,5	389,9	4,1	468,1	S	40,00		20,00		91	*	WR	3

Dimensioni, mm				Capacità, N 1 x 10^6 cicli			90 x 10^6 cicli			Assiale statica	Dimensioni, mm				Gabbia	Dimensioni, mm Chiavetta				Massa kg	Serie del cuscinetto	Utilizzo suggerito	Figura
d	D	T	B	$C_{1(1)}$	e	Y	C_{a90}	$C_{90(1)}$	K	C_{a0}	R	d_a	r	D_b		f	b	b_1	rk				
†390,000	570,000	180,000	180,000	1730000	0,73	0,82	561000	448000	0,80	8180000	2,0	421,0	6,4	513,0	S	32,00	11,70			154	M966700	WR	2
†390,000	570,000	200,000	200,000	1730000	0,73	0,82	561000	448000	0,80	8180000	2,0	421,0	6,4	513,0	S	32,00	11,70			165	M966700	WR	2
399,948	649,834	240,335	240,000	2150000	0,92	0,65	879000	559000	0,64	12900000	3,0	456,0	6,0	573,0	S	64,29	19,05	44,45	11,25	314	M969200	BUR	3 & 4
400,000	649,950	199,263	200,000	1840000	0,87	0,69	707000	477000	0,67	9090000	3,3	446,0	6,4	585,0	S					257	M969800	BUR	1
399,964	649,950	200,000	200,000	1970000	0,87	0,69	757000	511000	0,67	10000000	3,3	446,0	6,4	585,0	P	50,80	19,05		11,28	257	M969800	BUR	2 & 4
†420,000	†595,000	200,000	200,000	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	WR	*
†430,000	†600,000	200,000	200,000	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	WR	*
431,800	571,500	136,525	133,350	1210000	0,55	1,10	292000	312000	1,07	4470000	1,5	453,0	3,3	537,0	S					92	LM869400	WR	1
†445,000	†600,000	160,000	160,000	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	WR	*
†482,000	†655,000	160,000	160,000	1597500	0,47	1,27	334000	414160	1,24	5340000	3,3	*	3,3	*	S	40,00		20,00		*	*	WR	3
482,600	733,425	199,263	200,000	2140000	0,78	0,77	740000	554000	0,75	9630000	3,3	534,0	3,3	663,0	S	50,80	20,62	47,63		275	LM974500	BUR	3
482,600	733,425	200,000	200,000	2230000	0,78	0,77	773000	578000	0,75	10200000	6,4	531,0	3,3	663,0	P	50,80	19,05			287	LM974500	BUR	2
508,000	733,425	200,000	200,000	2250000	0,87	0,69	863000	582000	0,67	12700000	3,3	*	4,8	675,0	P					*	LM975300	BUR	*
509,948	733,425	200,025	200,025	2120000	0,87	0,69	815000	550000	0,67	11700000	3,3	552,0	4,8	675,0	S	50,80	17,45	38,10		265	LM975300	BUR	3
558,800	660,400	95,250	92,075	764000	0,55	1,10	185000	198000	1,07	3240000	1,5	576,0	3,3	636,0	S					52	LL876400	WR	1
635,000	939,800	304,800	304,800	4480000	0,58	1,04	1140000	1160000	1,01	15900000	3,3	684,0	6,4	873,0	P					707	LM881200	BUR	1
685,800	939,800	227,838	234,950	2738600	0,87	0,69	1060000	710000	0,67	19900000	6,4	*	3,3	*	S					356	LM982400	BUR	3
†800,000	†1100,00	300,000	300,000	4740000	0,78	0,77	1640000	1230000	0,75	30500000	1,5	852,0	6,0	1010,0	P	75,90	22,00			866	LM985000	BUR	2

TTDWK

"Utilizzati principalmente nella posizione assiale di cilindri di lavoro in presenza di carichi assiali molto elevati che non possono essere sopportati da un cuscinetto a rulli conici di tipo convenzionale".

Informazioni generali

- Fig. 1: anello centrale fornito con scanalature per l'olio nelle facce,
- assemblaggi TTDWK possono essere previsti con un distanziale esterno per definire il gioco interno del cuscinetto,

R Raggio di raccordo massimo per l'albero,

$\mathbf{d_a}$ Diametro dello spallamento dell'albero,

r Raggio di raccordo massimo per l'alloggiamento,

$\mathbf{D_b}$ Diametro dello spallamento dell'alloggiamento.

Figura 1

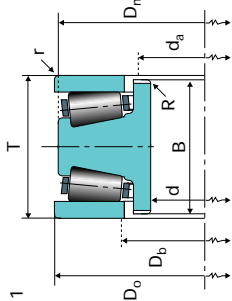



Figura 2

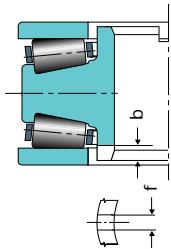
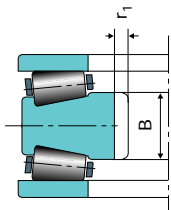



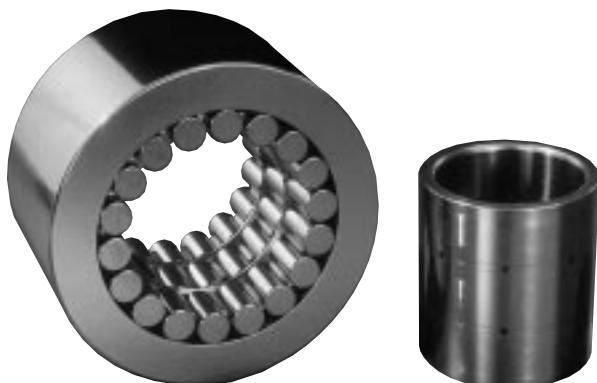
Figura 3

Note :

Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,

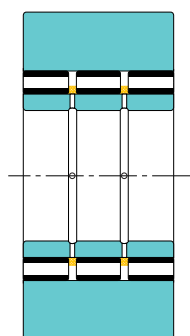
†la dimensione indicata è il valore massimo,

* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken.

TTDWK

Dimensioni, mm					Capacità, N			Dimensioni, mm							Massa kg	Serie de cuscinetto	Figura
					1 x 10^6 cicli	90 x 10^6 cicli	Assiale statica	Albero		Alloggiamento		Chiavetta					
d	D_o	D_m	T	B	C_{a1}	C_{a90}	C_{a0}	R	d_a	r	D_b	f	b	r_1			
142,000	293,000	304,800	130,000	55,000	1900000	494000	6510000	1,5	162,0	3,3	168,0	30,0	–	9,0	*	T660	3
203,200	407,415	406,400	152,400	152,400	2850000	740000	11900000	4,8	235,0	2,0	260,4	–	–	–	*	T8010	1
260,350	542,035	533,400	222,250	222,250	5570000	1445000	21600000	7,1	304,8	2,0	355,6	–	–	–	*	T10250	1
360,000	600,000	580,000	230,000	110,000	3630000	941000	15600000	13,0	400,0	4,1	440,0	40,0	–	16,0	92	T13200	3
†482,000	657,600	654,100	170,000	†160,000	3580000	928500	*	2,0	509,0	6,0	525,0	40,0	20,0	–	*	*	2

ZSPEXX - TNASWH

"Utilizzati nei laminatoi Sendzimir come rullo di appoggio"

(versione a rulli conici solo con viscosità dell'olio adeguata Consultare l'Ingegnere di Vendita Timken)

Informazioni generali

Tolleranza sullo spessore dell'anello esterno/anello interno
4 µm massimo

Tolleranze sull'alesaggio e diametro esterno
0/+ 0,013 mm
fino a 304,800 mm

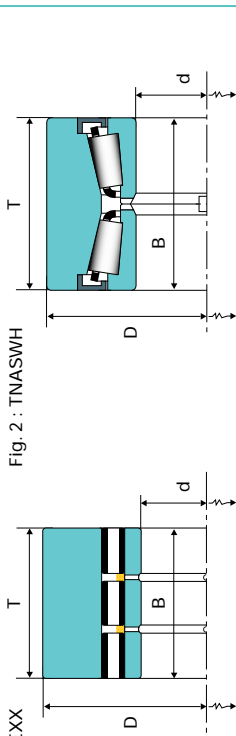
0/+ 0,025 mm
oltre 304,800 mm

0/0,025 mm

Tolleranza sulla larghezza
0/+ 0,025 mm

Precisione
Errore di rotazione inferiore 7 µm

Fig. 1 : ZSPEXX

Fig. 2 : TNASWH

Note :

Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,

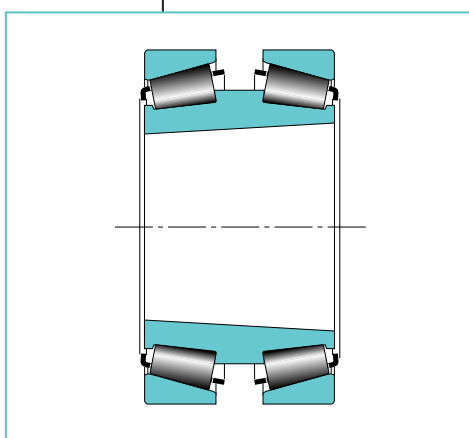
† la dimensione indicata è il valore massimo,

* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken,

cuscinetto senza gabbia.

ZSPEXX TNASWH

Tipo di laminatoio	Dimensioni, mm				Capacità, N										Serie del cuscinetto	Figura
					1 x 10^6 cicli					90 x 10^6 cicli						
	d	D	T	B	$C_{1(2)}$	$C_{1(3)}$	e	Y_1	Y_2	$C_{90(1)}$	$C_{90(2)}$	$C_{90(3)}$	C_{a90}	K		
ZR-24	44,450	120,000	63,094	66,675	204430	–	0,28	2,37	3,53	30500	53000	–	14800	2,06	435	2
ZR-24	†55,000	†120,000	49,896	52,070	167790	–	0,35	1,91	2,85	25000	43500	–	15100	1,65	385	2
ZR-33	†70,000	†160,000	87,889	89,840	375690	–	0,33	2,02	3,00	55900	97400	–	34700	1,61	635	2
ZR-23	99,995	224,996	117,000	119,855	759870	–	0,33	2,02	3,00	113000	197000	–	64900	1,74	H221600	2
ZR-23	99,995	224,996	119,974	119,939	–	851000	–	–	–	–	–	220630	–	–	RZ-23AB#	1
ZR-23	99,995	224,996	119,974	119,939	–	795000	–	–	–	–	–	206110	–	–	RZ-23AA	1
ZR-22	†130,000	†300,000	157,998	160,000	1396310	–	0,33	2,10	3,13	208000	362000	–	119000	1,76	HH229000	2
ZR-22	†130,000	†300,000	169,321	172,496	1527450	–	0,32	2,10	3,13	227000	396000	–	125000	1,82	HH228300	2
ZR-22	†130,000	†300,000	172,616	172,618	–	1592000	–	–	–	–	–	412730	–	–	RZ-22AA	1
ZR-21	179,984	406,400	220,665	223,830	2765620	–	0,33	2,03	3,02	412000	717000	–	234000	1,76	EH239500	2
ZR-21	179,984	406,400	171,016	170,993		2094000	–	–	–	–	–	542880	–	–	RZ-21AA	1

TDIT - TNAT

Informazioni generali

R	Raggio di raccordo massimo per l'albero,
d_a o d_b	Diametro dello spallamento dell'albero,
r	Raggio di raccordo massimo per l'alloggiamento,
D_a o D_b	Diametro dello spallamento dell'alloggiamento da usare anche per il gioco della gabbia,
A_a o A_b	Gioco assiale della gabbia,
Gabbia	S = stampata ; P = a perni
Alesaggio	Diametro d = alesaggio massimo.

Fig. 1 : TDIT

Fig. 2 : TNAT

Notes :
Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,

† la dimensione indicata è il valore massimo,

* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken.

TDIT - TNAT

Dimensioni, mm						Capacità, N									Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Figura
						1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica									
d	Conicità	D	T	B	C	$C_{1(2)}$	e	Y_1	Y_2	$C_{90(1)}$	$C_{90(2)}$	C_{a90}	K	$C_{0(2)}$	R	d_a-d_b	r	D_a-D_b	A_a-A_b				
100,210	1:19,2	168,275	95,250	95,250		427000	0,47	1,43	2,14	63500	111000	51200	1,24	772000	0,8	112,0	3,3	149,0	5,0	S	8	675	1
101,600	1:12	190,500	117,475	127,000		860000	0,33	2,02	3,00	128000	223000	73400	1,74	1384000	0,8	116,1	3,3	171,0	8,0	S	15	HH221400	1
115,888	1:19,2	190,500	107,950	111,125		586000	0,42	1,62	2,42	87300	152000	62200	1,40	1086000	1,5	126,0	3,3	171,0	6,5	S	11	71000	1
127,000	1:12	182,562	76,200	76,200		432000	0,31	2,21	3,29	64300	112000	33600	1,91	986000	1,5	134,9	3,3	168,0	4,5	S	7	48200	1
131,201	1:12	196,850	101,600	101,600	85,725	593000	0,34	1,96	2,92	88200	154000	52000	1,70	1250000	3,5	146,0	0,8	190,0	6,5	S	11	67300	2
133,350	1:12	203,200	92,075	92,075		593000	0,34	1,96	2,92	88200	154000	52000	1,70	1250000	1,5	143,0	3,3	183,0	4,0	S	11	67300	1
136,525	1:12	215,900	123,825	123,825		616000	0,49	1,38	2,06	91700	160000	76500	1,20	1228000	1,5	148,1	3,3	196,0	5,5	S	14	74000	1
142,875	1:12	200,025	77,788	74,612		462000	0,34	2,01	2,99	68800	120000	39600	1,74	1120000	0,8	150,9	3,3	185,0	3,5	S	8	48600	1
144,480	1:12	222,250	100,010	100,010	76,200	607000	0,33	2,03	3,02	90400	157000	51500	1,76	1336000	3,5	168,9	0,8	213,0	9,5	S	14	M231600	2
147,638	1:12	241,300	133,350	132,334		830000	0,44	1,53	2,27	124000	215000	93600	1,32	1620000	1,5	162,6	3,3	215,0	5,5	S	22	82000	1
152,400	1:12	222,250	84,138	84,138		607000	0,33	2,03	3,02	90400	157000	51500	1,76	1336000	1,5	164,6	1,5	207,0	4,5	S	12	M231600	1
152,400	1:12	254,000	120,650	120,650		1060000	0,41	1,66	2,47	158000	276000	110000	1,43	2060000	1,5	169,9	3,3	227,0	8,0	S	25	99000	1
165,100	1:12	269,875	146,050	146,050		1470000	0,33	2,03	3,02	218000	380000	124000	1,76	3040000	1,5	184,4	3,3	244,0	*	S	35	H234600	1
180,975	1:12	288,925	158,750	158,750		1060000	0,47	1,44	2,15	159000	276000	127000	1,25	2140000	1,5	198,1	3,3	259,0	10,5	S	33	94000	1
190,236	1:12	288,925	111,125	111,125		984000	0,36	1,89	2,81	147000	255000	89700	1,63	2120000	1,5	212,1	3,3	265,0	*	S	26	82700	1
190,500	1:12	365,049	158,750	152,400		1880000	0,40	1,68	2,50	280000	488000	193000	1,45	3640000	3,3	217,9	3,3	329,0	4,5	S	73	420000	1
198,438	1:12	282,575	87,312	87,312		684000	0,51	1,33	1,97	102000	177000	88700	1,15	1752000	0,8	215,9	3,3	260,0	5,0	S	19	67900	1
209,550	1:12	317,500	184,150	184,150		1180000	0,52	1,29	1,92	175000	306000	157000	1,12	2580000	1,5	227,1	3,3	286,0	8,5	S	45	93000	1

Dimensioni, mm						Capacità, N 1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica	Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Figura
d	Conicità	D	T	B	C	$C_{1(2)}$	e	Y_1	Y_2	$C_{90(1)}$	$C_{90(2)}$	C_{a90}	K	$C_{0(2)}$	R	d_a-d_b	r	D_a-D_b	A_a-A_b				
219,936	1:12	314,325	115,888	123,822		1190000	0,33	2,03	3,02	177000	308000	101000	1,76	2740000	1,5	235,0	3,3	293,0	6,5	S	32	M244200	1
215,448	1:12	314,325	131,763	131,765	106,362	1190000	0,33	2,03	3,02	177000	308000	101000	1,76	2740000	6,4	249,9	1,5	300,0	12,0	S	*	M244200	2
252,412	1:12	358,775	130,175	139,700		1560000	0,33	2,03	3,02	232000	405000	132000	1,76	3700000	1,5	270,0	3,3	335,0	7,5	S	46	M249700	1
258,763	1:12	358,775	152,400	152,400	117,475	1560000	0,33	2,03	3,02	232000	405000	132000	1,76	3700000	3,3	278,1	1,5	343,3	13,5	S	46	M249700	2
266,700	1:12	355,600	107,950	109,538		1200000	0,36	1,87	2,79	178000	310000	110000	1,62	3020000	1,5	280,9	3,3	335,0	7,0	S	30	LM451300	1
280,000	1:12	409,981	206,375	206,375		1480000	0,39	1,75	2,60	221000	384000	146000	1,51	3320000	3,3	307,1	3,3	379,0	4,0	S	77	128000	1
288,925	1:12	406,400	144,462	144,462		2030000	0,34	2,00	2,97	302000	526000	175000	1,73	5040000	3,3	309,9	3,3	379,0	*	P	63	M255400	1
297,523	1:12	422,275	150,813	160,338		2210000	0,34	2,00	2,99	330000	574000	190000	1,73	5540000	3,3	322,1	3,3	394,0	*	P	75	HM256800	1
303,212	1:12	495,300	263,525	263,525		4900000	0,33	2,03	3,02	729000	1270000	415000	1,76	11300000	3,3	335,3	6,4	448,0	*	P	218	HH258200	1
304,800	1:12	422,275	174,625	174,625	136,525	2210000	0,34	2,00	2,99	330000	574000	190000	1,73	5540000	6,4	334,0	1,5	403,0	*	P	73	HM256800	2
333,375	1:12	469,900	166,688	166,688		2730000	0,33	2,02	3,00	407000	708000	233000	1,74	6920000	3,3	357,1	3,3	439,0	*	P	97	HM261000	1
333,375	1:12	523,875	185,738	185,738		3380000	0,33	2,03	3,02	504000	877000	287000	1,76	8680000	3,3	373,9	6,4	487,0	*	P	164	HM265000	1
336,550	1:12	469,900	190,500	190,500	152,400	2510000	0,33	2,02	3,00	374000	652000	215000	1,74	6140000	6,4	366,0	1,5	449,0	*	P	97	HM261000	2
346,075	1:12	488,950	174,625	174,625		2950000	0,33	2,02	3,00	439000	765000	252000	1,74	7520000	3,3	367,0	3,3	456,0	*	P	113	HM262700	1
349,250	1:12	457,200	120,650	120,650		1610000	0,32	2,12	3,15	239000	417000	131000	1,83	4540000	1,5	377,0	3,3	434,0	*	S	55	LM263100	1
352,425	1:12	488,950	199,898	200,025	158,750	2950000	0,33	2,02	3,00	439000	765000	252000	1,74	7520000	6,4	383,0	1,5	467,0	*	P	*	HM262700	2
368,300	1:12	523,875	185,738	185,738		3380000	0,33	2,03	3,02	504000	877000	287000	1,76	8680000	3,3	394,0	6,4	487,0	*	P	137	HM265000	1
384,175	1:12	546,100	193,675	193,675		3660000	0,33	2,03	3,02	545000	950000	311000	1,76	9460000	3,3	406,9	6,4	507,0	*	P	158	HM266400	1
390,525	1:12	546,100	222,250	–	177,800	3664200	0,33	2,03	3,02	545000	950000	311000	1,76	9480000	6,4	423,0	1,5	519,0	*	P	*	HM266400	2
415,925	1:12	590,550	209,550	209,550		4250000	0,33	2,03	3,02	633000	1100000	360000	1,76	11100000	3,3	441,0	6,4	548,9	*	P	197	M268700	1
423,863	1:12	590,550	244,348	–	193,675	4242700	0,33	2,03	3,02	633000	1100000	360000	1,76	11100000	6,4	459,0	1,5	561,0	*	P	*	M268700	2

Fig. 1 : TDIT

Fig. 2 : TNAT

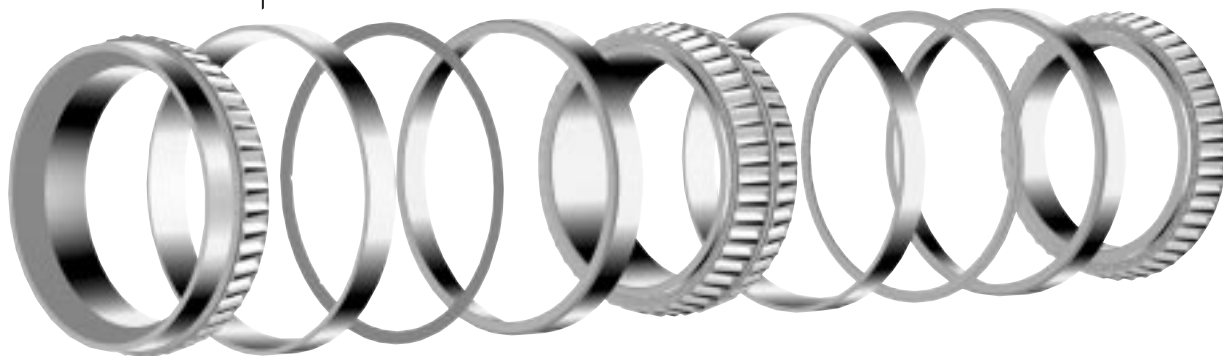
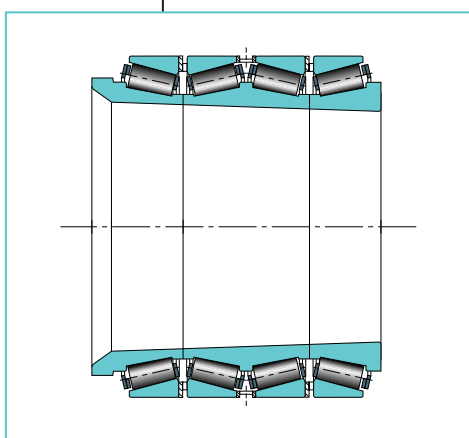
Notes :

Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,

† la dimensione indicata è il valore massimo,

* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken.

TDIT - TNAT

Dimensioni, mm						Capacità, N									Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Figura
						1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica									
d	Conicità	D	T	B	C	$C_{1(2)}$	e	Y_1	Y_2	$C_{90(1)}$	$C_{90(2)}$	C_{a90}	K	$C_{0(2)}$	R	d_a-d_b	r	D_a-D_b	A_a-A_b				
447,675	1:12	635,000	223,838	223,838		4880000	0,33	2,03	3,02	726000	1260000	413000	1,76	12860000	3,3	474,0	6,4	591,0	*	P	243	M270700	1
453,390	1:12	635,000	257,048	–	206,375	4859800	0,33	2,03	3,02	726000	1260000	413000	1,76	12780000	6,4	490,0	1,5	606,0	*	P	*	M270700	2
479,425	1:12	679,450	238,125	238,125		5550000	0,33	2,03	3,02	827000	1440000	471000	1,76	14800000	3,3	507,0	6,4	633,0	*	P	300	M272700	1
488,950	1:12	679,450	276,225	–	222,250	5554100	0,33	2,03	3,02	827000	1440000	471000	1,76	14760000	6,4	525,0	1,5	648,0	*	P	*	M272700	2
501,650	1:12	711,200	250,825	250,825		6030000	0,33	2,03	3,02	898000	1560000	511000	1,76	16140000	3,3	533,9	6,4	663,0	*	P	344	M274100	1
519,112	1:12	736,600	258,762	258,762		6440000	0,33	2,03	3,02	959000	1670000	546000	1,76	17340000	3,3	562,0	6,4	684,0	*	P	391	M275300	1
530,225	1:12	736,600	301,498	–	241,300	6441200	0,33	2,03	3,02	959000	1670000	546000	1,76	16800000	6,4	0,0	1,5	0,0	*	P	*	M275300	2
571,500	1:12	812,800	285,750	296,862		7740000	0,33	2,03	3,02	1150000	2010000	656000	1,76	21200000	3,3	609,0	6,4	756,0	*	P	515	M278700	1
582,613	1:12	812,800	333,375	–	263,525	7752600	0,33	2,03	3,02	1150000	2010000	656000	1,76	21000000	SPCL	615,0	1,5	774,0	*	P	*	M278700*	2

TQITS - TQITSE

Informazioni generali

d_b	Diametro dello spallamento dell'albero
r	Raggio di raccordo massimo per l'alloggiamento
D_a	Diametro dello spallamento dell'alloggiamento da usare anche per il gioco della gabbia
Gabbia	S = stampata ; P = a perni
d_1	Diametro del bordino per il labbro di tenuta
Alesaggio	Diametro d = alesaggio massimo

Fig. 1 : TQITS

Fig. 2 : TQITSE

Note :
Tutte le serie seguenti possono essere proposte nelle versioni TQITSE,
Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,
†la dimensione indicata è il valore massimo,
* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken.

TQITS - TQITSE

Dimensioni, mm							Capacità, N									Dimensioni, mm			Gabbia	Massa kg		Serie del cuscinetto	Figura
							1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica								
d	D	T	B	B_1	B_2	d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	$C_{90(1)}$	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	d_b	r	D_a		TQITS	TQITSE		
78,580	127,000	114,300	130,175	–	–	–	520000	0,42	1,61	2,40	38700	134600	27700	1,39	888000	101,0	0,8	121,0	S	*	*	42600	1
123,033	174,625	134,938	150,812	–	–	–	788000	0,33	2,03	3,02	58700	204000	33400	1,76	1688000	140,0	0,8	168,0	S	13	–	M224700	1
165,456	229,946	142,875	165,100	203,200	49,212	203,200	1012000	0,40	1,68	2,50	75400	262000	51900	1,45	2172000	188,0	0,8	223,0	S	21	23	LM533700	1 & 2
170,655	225,425	152,400	168,275	204,788	44,450	203,200	978000	0,38	1,76	2,62	72800	254000	47800	1,52	2540000	187,0	0,8	218,0	S	20	22	46700	1 & 2
175,781	260,502	142,900	171,450	–	–	–	1318000	0,40	1,68	2,50	98200	342000	67500	1,45	2256000	196,0	0,8	247,0	S	29	–	LM535600	1
175,781	260,502	142,900	–	212,725	55,550	215,900	1318000	0,40	1,68	2,50	98200	342000	67500	1,45	2256000	196,0	0,8	247,0	S	–	31	LM535600	2
190,500	260,350	169,073	192,883	234,158	53,180	228,600	1264000	0,40	1,70	2,53	94100	328000	63900	1,47	3000000	216,0	0,8	251,0	S	33	35	LM538600	1 & 2
191,226	269,875	203,200	228,600	–	–	–	1768000	0,33	2,03	3,02	132000	458000	74900	1,76	3996000	213,0	1,5	256,0	S	44	–	M238800	1
193,807	269,875	214,310	–	279,397	52,388	234,950	1768000	0,33	2,03	3,02	132000	458000	74900	1,76	3996000	213,0	1,5	256,0	S	–	48	M238800	2
195,301	259,969	144,465	161,925	206,375	53,180	234,950	1092000	0,33	2,03	3,02	81400	284000	46300	1,76	2416000	216,0	0,8	252,0	S	24	26	LM239500	1 & 2
200,820	284,162	219,075	239,715	282,578	53,183	241,300	1818000	0,33	2,03	3,02	135000	472000	77000	1,76	4000000	229,0	1,5	272,0	S	52	58	M240600	1 & 2
207,167	292,100	222,250	246,065	286,545	52,388	254,000	2040000	0,33	2,03	3,02	152000	530000	86800	1,76	4680000	231,0	1,5	279,0	S	55	63	M241500	1 & 2
207,962	279,400	168,275	190,500	227,805	48,417	254,000	1314000	0,46	1,46	2,17	97900	340000	77700	1,26	3264000	235,0	0,8	271,0	S	35	39	LM741300	1 & 2
219,075	288,925	168,275	190,500	236,538	57,150	257,175	1386000	0,48	1,40	2,09	103000	360000	85000	1,21	3568000	241,0	0,8	280,0	S	35	38	LM742700	1 & 2
225,425	314,325	230,188	255,588	296,862	53,975	273,050	2380000	0,33	2,03	3,02	177000	616000	101000	1,76	5480000	253,0	1,5	300,0	S	66	72	M244200	1 & 2
228,600	311,150	190,500	212,725	260,350	58,738	273,050	1838000	0,33	2,03	3,02	137000	476000	77900	1,76	4160000	256,0	1,5	300,0	S	49	55	LM245100	1 & 2
247,650	327,025	187,325	209,550	257,175	58,738	292,100	1936000	0,32	2,10	3,13	144000	502000	79200	1,82	4560000	272,0	1,5	316,0	S	50	57	LM247700	1 & 2
258,762	358,775	257,175	292,100	336,550	61,912	314,325	3120000	0,33	2,03	3,02	232000	810000	132000	1,76	7400000	282,0	1,5	343,0	S	98	105	M249700	1 & 2

Dimensioni, mm							Capacità, N									Dimensioni, mm			Gabbia	Massa kg		Serie del cuscinetto	Figura
							1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica								
d	D	T	B	B_1	B_2	d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	$C_{90(1)}$	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	d_b	r	D_a		TQITS	TQITSE		
271,462	381,000	269,875	301,625	357,188	71,438	342,900	3560000	0,33	2,03	3,02	266000	924000	151000	1,76	8600000	306,0	1,5	364,0	P	107	118	M252300	1 & 2
290,000	407,000	288,000	320,000	375,000	71,000	355,600	4060000	0,34	2,00	2,97	302000	1052000	175000	1,73	10080000	326,0	1,5	388,0	P	123	134	M255400	1 & 2
304,800	422,275	296,862	334,962	390,525	74,612	368,300	4420000	0,34	2,00	2,99	330000	1148000	190000	1,73	11080000	338,0	1,5	403,0	P	158	168	HM256800	1 & 2
320,000	422,275	261,424	290,000	336,000	60,287	374,650	3360000	0,32	2,11	3,15	251000	872000	137000	1,83	8920000	354,0	1,5	406,0	S	109	121	LM258600	1 & 2
323,850	447,675	323,850	358,775	414,338	73,025	388,938	5000000	0,33	2,02	3,00	372000	1294000	213000	1,74	12560000	351,0	1,5	428,0	P	186	200	HM259000	1 & 2
339,936	469,900	299,200	350,000	–	–	–	4260000	0,33	2,03	3,02	318000	1106000	181000	1,76	10720000	388,0	1,5	451,0	S	193	–	M262400	1
352,425	488,950	342,900	384,175	438,150	74,612	431,800	5900000	0,33	2,02	3,00	439000	1530000	252000	1,74	15040000	387,0	1,5	467,0	P	242	258	HM262700	1 & 2
358,775	488,950	300,038	341,312	396,875	76,200	431,800	5160000	0,33	2,03	3,02	384000	1336000	218000	1,76	12760000	398,0	1,5	467,0	P	198	209	M263300	1 & 2
371,475	523,875	366,713	411,163	465,138	76,200	457,200	6765600	0,33	2,03	3,02	504000	1754000	287000	1,76	17440000	410,2	6,4	499,1	P	314	335	HM265000	1 & 2
376,809	519,862	342,900	381,000	438,150	76,200	457,200	5900000	0,33	2,03	3,02	439000	1530000	250000	1,76	14680000	424,0	3,3	499,0	P	255	272	M265300	1 & 2
390,525	546,100	384,175	428,625	495,300	88,900	482,600	7320000	0,33	2,03	3,02	545000	1900000	311000	1,76	18920000	427,0	1,5	520,0	P	348	371	HM266400	1 & 2
419,100	590,550	419,100	469,900	534,988	90,488	514,350	8500000	0,33	2,03	3,02	633000	2200000	360000	1,76	22200000	459,0	1,5	562,0	P	433	460	M268700	1 & 2
453,390	635,000	446,088	496,888	585,788	114,300	558,800	9760000	0,33	2,03	3,02	726000	2520000	413000	1,76	25720000	494,0	1,5	605,0	P	547	583	M270700	1 & 2
488,950	679,450	479,425	533,400	628,650	122,238	598,488	11100000	0,33	2,03	3,02	827000	2880000	471000	1,76	29600000	526,0	1,5	648,0	P	660	685	M272700	1 & 2
508,000	695,325	393,700	450,850	520,700	98,425	620,712	9140000	0,33	2,03	3,02	680000	2360000	387000	1,76	22960000	562,0	1,5	663,0	P	545	568	LM274000	1 & 2
530,225	736,600	519,112	579,438	654,050	104,775	647,700	12880000	0,33	2,03	3,02	959000	3340000	546000	1,76	34680000	595,0	1,5	702,0	P	864	916	M275300	1 & 2
547,688	761,873	536,575	600,075	692,150	123,825	673,100	13700000	0,33	2,03	3,02	1020000	3540000	580000	1,76	37000000	586,0	1,5	726,0	P	930	986	M276400	1 & 2
581,025	812,800	571,500	641,350	709,613	103,188	711,200	15737400	0,33	2,03	3,02	920000	4080000	669000	1,76	43200000	625,1	1,5	773,7	P	1126	1204	M278700	1 & 2
604,838	787,400	369,888	420,688	487,362	92,075	711,200	9320000	0,33	2,03	3,02	694000	2420000	395000	1,76	26000000	664,0	1,5	759,0	P	578	613	LM280000	1 & 2
644,525	857,250	523,875	590,550	665,162	107,950	762,000	13980000	0,33	2,03	3,02	1040000	3620000	593000	1,76	41600000	719,0	1,5	824,0	P	1006	1066	LM281000	1 & 2
669,671	933,450	649,288	725,488	790,575	103,188	812,800	20000000	0,33	2,03	3,02	1490000	5180000	848000	1,76	55600000	754,0	1,5	890,0	P	1702	1819	M281600	1 & 2
744,538	1035,050	727,075	812,800	881,062	111,125	901,700	24400000	0,33	2,03	3,02	1810000	6320000	1030000	1,76	68400000	837,0	1,5	987,0	P	2363	2517	M283400	1 & 2

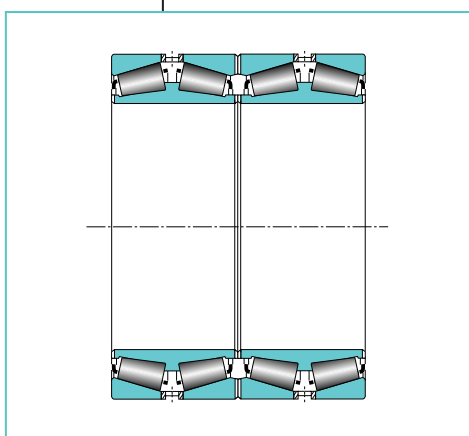
Fig. 1 : TQITS

Fig. 2 : TQITSE

Note :
Tutte le serie seguenti possono essere proposte nelle versioni TQITSE,
Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,
†la dimensione indicata è il valore massimo,
* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken.

TQITS - TQITSE

Dimensioni, mm							Capacità, N									Dimensioni, mm			Gabbia	Massa kg		Serie del cuscinetto	Figura
							1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica								
d	D	T	B	B_1	B_2	d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	$C_{90(1)}$	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	d_b	r	D_a		TQITS	TQITSE		
749,300	990,600	577,000	650,000	725,000	111,500	889,000	17800000	0,33	2,03	3,02	1330000	4620000	754000	1,76	54000000	792,0	3,3	953,0	P	1522	1619	LM283600	1 & 2
777,875	1079,500	755,650	844,550	919,162	119,062	933,450	26200000	0,33	2,03	3,02	1950000	6800000	1110000	1,76	74400000	873,0	3,3	1028,0	P	2634	2813	M284200	1 & 2
828,675	1143,000	733,425	825,500	898,525	119,062	990,600	27400000	0,33	2,03	3,02	2040000	7100000	1160000	1,76	76800000	924,0	3,3	1089,0	P	2773	2963	LM285500	1 & 2
838,200	1143,000	619,125	711,200	787,400	122,238	844,550	22400000	0,33	2,03	3,02	1670000	5820000	953000	1,76	60000000	924,0	3,3	1089,0	P	2246	2431	LM285700	1 & 2
863,600	1130,300	644,525	717,550	798,512	117,475	1009,650	22200000	0,33	2,03	3,02	1660000	5780000	944000	1,76	69600000	957,0	3,3	1090,0	P	2107	2184	LM286200	1 & 2
872,769	1181,100	628,650	714,375	793,750	122,238	1028,700	24400000	0,33	2,03	3,02	1820000	6340000	1040000	1,76	66800000	962,0	3,3	1131,0	P	2444	2575	LM286400	1 & 2
895,350	1212,850	784,225	873,125	–	–	–	30400000	0,33	2,03	3,02	2260000	7880000	1290000	1,76	89200000	997,0	3,3	1164,0	P	3215	–	LM286700	1
1004,634	1308,100	730,250	812,800	920,750	149,225	1193,800	28400000	0,33	2,03	3,02	2120000	7380000	1200000	1,76	91600000	1109,0	3,3	1260,0	P	3193	3385	LM288100	1 & 2

TQOW - TQOWE
2TDIW - SWRB

Informazioni generali

R	Raggio di raccordo massimo per l'albero
d_a	Diametro dello spallamento dell'albero
r	Raggio di raccordo massimo per l'alloggiamento
D_b	Diametro dello spallamento dell'alloggiamento da usare anche per il gioco della gabbia
A_b	Gioco assiale della gabbia
Gabbia	S = stampata, P = a perni
BUR	Cilindri di appoggio
WR	Cilindri di lavoro
Utilizzo	BUR = consigliati nei cilindri di appoggio
	WR = consigliati nei cilindri di lavoro
d_1	Diametro del bordino per il labbro di tenuta

TQOW-TQOWE 2TDIW-SWRB

Fig. 1 : TQOW

Fig. 2 : TQOWE

Fig. 3 : 2TDIW

Fig. 4 : SWRB (tenute a cassetto)

Fig. 5 : SWRB (tenute compatte)

Note :
Tutte le serie seguenti possono essere proposte nella configurazione 2TDIW o con estensione e possono essere studiate nella versione con tenute,
Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,
Tutte le serie possono essere fornite con scanalature per la lubrificazione nella facce dei coni e con gole a spirale nell'alesaggio dei coni se richiesto,
† la dimensione indicata è il valore massimo,
* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken.

Dimensioni, mm					Capacità, N									Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Utilizzo	Figura
				TQOWE	1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica										
d	D	T	B	d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	C_{90}	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	R	d_a	r	D_b	A_b					
50,800	83,337	92,075	92,075		196000	0,36	1,90	2,83	14600	50800	8880	1,64	355200	1,5	58,0	1,5	74,0	3,5	S	2	L305600	WR	1
69,850	103,188	95,250	95,250		216000	0,46	1,46	2,18	16000	55800	12700	1,27	444000	1,5	78,0	1,5	94,0	3,0	S	3	L713000	WR	1
76,200	115,888	115,888	115,888		402000	0,27	2,48	3,69	29900	104200	13900	2,15	744000	0,8	83,0	1,5	107,0	*	S	4	LM114800	WR	1
82,550	117,475	103,185	104,775		290000	0,31	2,19	3,26	21700	75400	11400	1,90	588000	1,5	90,0	1,5	109,0	4,0	S	4	L116100	WR	1
85,725	123,825	92,078	95,250		298000	0,33	2,05	3,05	22200	77400	12600	1,77	624000	0,8	93,0	1,5	116,0	4,0	S	4	L217800	WR	1
88,900	123,825	103,190	103,190		298000	0,33	2,05	3,05	22200	77400	12600	1,77	624000	1,5	97,0	1,5	116,0	4,0	S	4	L217800	WR	1
92,075	149,225	130,172	124,615		526000	0,49	1,37	2,04	39100	136200	33000	1,19	964000	1,5	103,0	3,3	134,0	4,0	S	9	42000	WR	1 & 3
95,250	136,525	122,235	122,235		450000	0,28	2,38	3,54	33500	116600	16300	2,06	908000	0,8	102,0	2,3	126,0	*	S	6	LM119300	WR	1
107,950	146,050	106,365	106,365		310000	0,39	1,72	2,56	23100	80200	15500	1,49	700000	1,5	116,0	1,5	136,0	3,5	S	5	L521900	WR	1
107,950	152,400	138,112	138,112		574000	0,28	2,39	3,56	42800	149000	20700	2,07	1248000	0,8	115,0	3,3	140,0	*	S	8	LM121900	WR	1
120,650	161,925	106,365	106,365		340000	0,43	1,55	2,31	25300	88000	18800	1,34	824000	1,5	129,0	1,5	151,0	3,5	S	6	L624500	WR	1
120,650	166,688	152,413	152,400		674000	0,29	2,30	3,42	50200	174600	25200	1,99	1516000	0,8	128,0	3,3	154,0	*	S	10	LM124400	WR	1
120,650	174,625	139,703	141,288		788000	0,33	2,03	3,02	58700	204000	33400	1,76	1688000	0,8	129,0	1,5	162,0	3,5	S	12	M224700	WR, BUR	1
127,000	182,562	158,750	158,750		864000	0,31	2,21	3,29	64300	224000	33600	1,91	1972000	1,5	137,0	3,3	168,0	4,5	S	14	48200	WR, BUR	1
130,175	196,850	200,025	200,025		1186000	0,34	1,96	2,92	88200	308000	52000	1,70	2500000	1,5	142,0	3,3	180,0	4,0	S	21	67300	WR	1
136,525	190,500	161,925	161,925		912000	0,32	2,10	3,13	67900	236000	37300	1,82	2168000	1,5	144,0	3,3	177,0	4,0	S	14	48300	WR, BUR	1
139,700	200,025	160,340	157,165		924000	0,34	2,01	2,99	68800	240000	39600	1,74	2240000	0,8	150,0	3,3	185,0	3,5	S	17	48600	WR	1
152,400	222,250	174,625	174,625		1214000	0,33	2,03	3,02	90400	314000	51500	1,76	2672000	1,5	164,0	1,5	207,0	4,5	S	23	M231600	BUR	1

Dimensioni, mm					Capacità, N									Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Utilizzo	Figura
					1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica										
d	D	T	B	TQOWE d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	C_{90}	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	R	d_a	r	D_b	A_b					
165,100	225,425	168,275	165,100		978000	0,38	1,76	2,62	72800	254000	47800	1,52	2540000	0,8	175,0	3,3	209,0	2,5	S	21	46700	WR	1
177,800	247,650	192,088	192,088		1306000	0,44	1,54	2,29	97200	338000	73200	1,33	3116000	1,5	190,0	3,3	229,0	5,0	S	28	67700	WR	1
177,800	273,050	234,947	234,950		1822000	0,53	1,28	1,91	136000	472000	122000	1,11	3916000	1,5	195,0	3,3	249,0	4,0	S	54	82600	WR	1
177,800	288,925	266,700	266,700		2660000	0,32	2,12	3,15	198000	688000	108000	1,83	4960000	1,5	194,0	3,3	266,0	9,0	S	67	HM237500	BUR	1
187,325	269,875	211,138	211,138		1768000	0,33	2,03	3,02	132000	458000	74900	1,76	3996000	1,5	200,0	3,3	250,0	6,0	S	39	M238800	BUR	1
190,500	266,700	188,912	187,325		1342000	0,48	1,41	2,11	99900	348000	81700	1,22	3340000	1,5	204,0	3,3	246,0	4,0	S	32	67800	WR	1
198,438	284,162	225,425	225,425		1946000	0,33	2,03	3,02	145000	504000	82500	1,76	4440000	1,5	212,0	3,3	264,0	*	S	46	M240600	BUR	1
203,200	317,500	266,700	266,700		2360000	0,52	1,29	1,92	175000	612000	157000	1,12	5160000	1,5	222,0	3,3	286,0	8,5	S	90	93000	WR	1 & 3
206,375	282,575	190,500	190,500		1368000	0,51	1,33	1,97	102000	354000	88700	1,15	3504000	0,8	219,0	3,3	260,0	5,0	S	35	67900	WR	1
215,900	288,925	177,800	177,800		1386000	0,48	1,40	2,09	103000	360000	85000	1,21	3568000	0,8	229,0	3,3	267,0	5,0	S	33	LM742700	WR	1
220,662	314,325	239,712	239,712		2380000	0,33	2,03	3,02	177000	616000	101000	1,76	5480000	1,5	235,0	3,3	293,0	6,5	S	61	M244200	WR, BUR	1
228,600	311,150	200,025	200,025		1838000	0,33	2,03	3,02	137000	476000	77900	1,76	4160000	1,5	242,0	3,3	293,0	*	S	42	LM245100	WR	1
234,950	327,025	196,850	196,850		180000	0,41	1,66	2,47	134000	466000	93300	1,44	4280000	1,5	250,0	3,3	305,0	6,0	S	53	8500	WR	1
241,478	349,148	228,600	228,600		2260000	0,35	1,91	2,85	168000	584000	101000	1,65	5000000	1,5	258,0	3,3	325,0	6,0	S	77	127000	WR	1
244,475	327,025	193,675	193,675		1936000	0,32	2,10	3,13	144000	502000	79200	1,82	4560000	1,5	257,0	3,3	310,0	*	S	45	LM247700	WR	1
244,475	327,025	193,675	231,775	264,160	1936000	0,32	2,10	3,13	144000	502000	79200	1,82	4560000	1,5	261,0	3,3	310,0	*	S	48	LM247700	WR	2
254,000	358,775	269,875	269,875		3120000	0,33	2,03	3,02	232000	810000	132000	1,76	7400000	3,3	273,0	3,3	335,0	7,5	S	87	M249700	BUR	1
266,700	355,600	228,600	230,188		2391500	0,36	1,87	2,79	178000	620000	110000	1,62	6040000	1,5	281,0	3,3	335,0	7,0	S	61	LM451300	WR	1 & 3
266,700	355,600	228,600	230,188		*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,5	281,0	–	335,0	*	S	–	*	WR	5
269,875	381,000	282,575	282,575		3420000	0,33	2,03	3,02	255000	886000	145000	1,76	8120000	3,3	290,0	3,3	356,0	8,5	S	104	M252300	BUR	1
276,225	393,700	269,878	269,878		3020000	0,40	1,68	2,50	224000	782000	154000	1,45	6400000	1,5	294,0	6,4	366,0	4,5	S	103	275000	WR	1
279,400	393,700	269,875	269,875		3540000	0,43	1,57	2,34	263000	916000	193000	1,36	7320000	1,5	294,0	6,4	368,0	*	S	96	M652900	WR	3

Fig. 1 : TQOW

Fig. 2 : TQOWE

Fig. 3 : 2TDIW

Fig. 4 : SWRB (tenute a cassetto)

Fig. 5 : SWRB (tenute compatte)

Note :
Tutte le serie seguenti possono essere proposte nella configurazione 2TDIW o con estensione e possono essere studiate nella versione con tenute,
Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,
Tutte le serie possono essere fornite con scanalature per la lubrificazione nella facce dei coni e con gole a spirale nell'alesaggio dei coni se richiesto,
† la dimensione indicata è il valore massimo,
* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken.

TQOW-TQOWE 2TDIW-SWRB

Dimensioni, mm					Capacità, N									Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Utilizzo	Figura
					1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica										
d	D	T	B	TQOWE d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	C_{90}	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	R	d_a	r	D_b	A_b					
279,400	393,700	269,875	269,875		2980000	0,38	1,77	2,64	222000	774000	145000	1,54	6680000	1,5	297,0	6,4	368,0	*	S	99	135000	WR	1
279,400	469,900	390,525	384,175		4800000	0,38	1,79	2,66	357000	1244000	231000	1,55	9400000	9,7	321,0	3,3	430,0	5,5	S	254	722000	–	1
285,750	380,898	244,475	244,475		2460000	0,43	1,56	2,33	184000	640000	136000	1,35	6880000	1,5	302,0	3,3	356,0	4,5	S	80	LM654600	WR	1
288,925	406,400	298,450	298,450		4060000	0,34	2,00	2,97	302000	1052000	175000	1,73	10080000	3,3	310,0	3,3	379,0	*	P	127	M255400	BUR	1
300,038	422,275	311,150	311,150		4420000	0,34	2,00	2,99	330000	1148000	190000	1,73	11080000	3,3	322,0	3,3	394,0	*	P	141	HM256800	BUR	1
304,648	438,048	279,400	280,990		3760000	0,47	1,43	2,12	279000	972000	226000	1,24	8200000	3,3	328,0	4,8	407,0	*	S	130	M757400	WR	1
304,800	419,100	269,875	269,875		3560000	0,33	2,03	3,02	265000	922000	151000	1,76	8480000	1,5	322,0	6,4	392,0	*	S	105	M257100	WR	1
304,800	495,300	285,750	282,335		4620000	0,40	1,68	2,50	343000	1196000	236000	1,45	8360000	1,5	329,0	3,3	459,0	*	P	211	940000	–	1 & 3
304,800	501,650	336,547	336,550		6120000	0,33	2,03	3,02	456000	1586000	259000	1,76	11080000	3,3	332,0	6,4	464,0	*	P	272	HM258900	BUR	1
304,902	412,648	266,700	266,700		3320000	0,32	2,12	3,15	247000	860000	135000	1,83	8560000	3,3	325,0	3,3	388,0	*	S	107	M257200	WR	1
317,500	422,275	269,875	269,875		3360000	0,32	2,11	3,15	251000	872000	137000	1,83	8920000	1,5	334,0	3,3	398,0	*	S	102	LM258600	WR	1 & 3
317,500	447,675	327,025	327,025		4600000	0,33	2,02	3,00	342000	1192000	196000	1,74	11160000	3,3	340,0	3,3	418,0	9,5	S	162	HM259000	BUR	1
317,500	447,675	327,025	327,025		5000000	0,33	2,02	3,00	372000	1294000	213000	1,74	12560000	3,3	340,0	3,3	418,0	*	P	166	HM259000	BUR	1
330,200	444,500	301,625	301,625		4180000	0,33	2,03	3,02	311000	1084000	177000	1,76	11000000	3,3	351,0	3,3	418,0	*	P	132	M260100	WR, BUR	1
330,302	438,023	254,000	247,650		2500000	0,46	1,47	2,19	187000	650000	146000	1,27	6360000	1,5	347,0	3,3	412,0	*	S	99	138000	WR	1
333,375	469,900	342,900	342,900		5020000	0,33	2,02	3,00	374000	1304000	215000	1,74	12280000	3,3	357,0	3,3	439,0	*	S	183	HM261000	BUR	1
333,375	469,900	342,900	342,900		5460000	0,33	2,02	3,00	407000	1416000	233000	1,74	13840000	3,3	357,0	3,3	439,0	*	P	189	HM261000	BUR	1
343,052	457,098	254,000	254,000		3120000	0,47	1,43	2,12	233000	810000	188000	1,24	7680000	1,5	361,0	3,3	432,0	*	S	109	LM761600	WR	1 & 3

Dimensioni, mm					Capacità, N									Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Utilizzo	Figura
					1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica										
d	D	T	B	TQOWE d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	C_{90}	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	R	d_a	r	D_b	A_b					
343,052	457,098	254,000	254,000		3120000	0,47	1,43	2,12	233000	810000	188000	1,24	7680000	1,5	361,0	–	430,0	–	S	110	LM761600	WR	5
343,052	457,098	254,000	323,850	365,125	3120000	0,47	1,43	2,12	233000	810000	188000	1,24	7680000	1,5	361,0	3,3	432,0	*	S	115	LM761600	WR	2
343,052	457,098	254,000	254,000		2300000	0,71	0,95	1,41	209000	728000	255000	0,82	7760000	1,5	362,0	3,3	423,0	*	S	113	LM961500	WR	1
343,052	457,098	254,000	254,000		2580000	0,58	1,17	1,75	192000	668000	189000	1,01	6080000	1,5	361,0	3,3	432,0	–	S	100	L862600	WR	4
346,075	457,098	254,000	254,000		2420000	0,48	1,41	2,10	181000	630000	149000	1,22	6200000	1,5	363,0	3,3	430,0	*	S	102	133000	WR	1
346,075	488,950	358,775	358,775		5900000	0,33	2,02	3,00	439000	1530000	252000	1,74	15040000	3,3	371,0	3,3	456,0	*	P	225	HM262700	BUR	1
347,662	469,900	260,350	260,350		4040000	0,33	2,03	3,02	301000	1046000	171000	1,76	9760000	1,5	365,0	3,3	444,0	*	P	129	LM262400	WR	1
347,662	469,900	292,100	292,100		4260000	0,33	2,03	3,02	318000	1106000	181000	1,76	10720000	3,3	369,0	3,3	443,0	*	S	142	M262400	BUR	1
355,600	444,500	241,300	241,300		2500000	0,31	2,20	3,27	186000	648000	98000	1,90	7880000	1,5	370,0	3,3	422,0	6,0	S	88	L163100	WR	1
355,600	457,200	252,412	252,412		3220000	0,32	2,12	3,15	239000	834000	131000	1,83	9080000	1,5	372,0	3,3	434,0	*	S	107	LM263100	WR	1
355,600	457,200	252,412	323,850	365,125	3220000	0,32	2,12	3,15	239000	834000	131000	1,83	9080000	1,5	372,0	3,3	434,0	*	S	111	LM263100	WR	2
355,600	482,600	269,875	265,112		3660000	0,47	1,43	2,12	273000	950000	221000	1,24	8960000	1,5	375,0	3,3	456,0	*	S	136	LM763400	WR	1 & 3
355,600	488,600	269,875	265,112		*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,5	375,0	–	456,0	–	S	*	*	WR	5
355,600	482,600	269,875	387,477	387,350	3660000	0,47	1,43	2,12	273000	950000	221000	1,24	8960000	1,5	375,0	3,3	453,0	*	S	147	LM763400	WR	2
355,600	488,950	317,500	317,500		5160000	0,33	2,03	3,02	384000	1336000	218000	1,76	12760000	1,5	374,0	3,3	459,0	*	P	179	M263300	BUR	1
356,387	482,600	222,250	219,075		1870000	0,50	1,35	2,01	139000	484000	119000	1,17	4440000	1,5	375,0	6,4	451,0	3,5	S	113	160000	WR	1
368,300	523,875	382,588	382,588		6760000	0,33	2,03	3,02	504000	1754000	287000	1,76	17360000	3,3	394,0	6,4	487,0	*	P	275	HM265000	BUR	1
374,650	501,650	260,350	250,825		3640000	0,47	1,43	2,12	271000	944000	219000	1,24	8760000	1,5	393,0	3,3	472,0	*	S	136	LM765100	WR	1
384,175	546,100	400,050	400,050		6740000	0,33	2,03	3,02	502000	1750000	286000	1,76	16840000	3,3	411,0	6,4	507,0	12,0	S	304	HM266400	BUR	1
384,175	546,100	400,050	400,050		7320000	0,33	2,03	3,02	545000	1900000	311000	1,76	18920000	3,3	411,0	6,4	507,0	*	P	317	HM266400	BUR	1
385,762	514,350	317,500	317,500		4620000	0,42	1,61	2,40	344000	1198000	246000	1,40	12640000	3,3	409,0	3,3	482,0	8,0	S	185	LM665900	WR	1 & 3
406,400	546,100	288,925	288,925		4800000	0,47	1,42	2,12	358000	1246000	290000	1,23	12440000	1,5	427,0	6,4	510,0	*	P	196	LM767700	WR	1

Fig. 1 : TQOW

Fig. 2 : TQOWE

Fig. 3 : 2TDIW

Fig. 4 : SWRB (tenute a cassetto)

Fig. 5 : SWRB (tenute compatte)

Note :
Tutte le serie seguenti possono essere proposte nella configurazione 2TDIW o con estensione e possono essere studiate nella versione con tenute,
Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,
Tutte le serie possono essere fornite con scanalature per la lubrificazione nella facce dei coni e con gole a spirale nell'alesaggio dei coni se richiesto,
† la dimensione indicata è il valore massimo,
* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken.

TQOW-TQOWE 2TDIW-SWRB

Dimensioni, mm					Capacità, N									Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Utilizzo	Figura
					1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica										
d	D	T	B	TQOWE d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	C_{90}	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	R	d_a	r	D_b	A_b					
406,400	546,100	288,925	288,925		4480000	0,47	1,42	2,12	333000	1160000	270000	1,23	11240000	1,5	427,0	6,4	510,0	*	S	186	LM767700	WR	1
406,400	546,100	288,925	288,925		3900000	0,56	1,20	1,79	290000	1012000	279000	1,04	8960000	1,5	427,0	6,4	510,0	*	S	173	LM867900	WR	4
406,400	546,100	330,000	330,000		5560000	0,42	1,62	2,41	414000	1442000	296000	1,40	15760000	1,5	425,0	6,4	510,0	*	P	226	M667900	WR	3
406,400	546,100	330,000	330,000		4480000	0,47	1,42	2,12	333000	1160000	270000	1,23	11240000	1,5	433,0	–	501,0	–	S	232	LM767700	WR	5
406,400	565,150	381,000	381,000		7100000	0,33	2,03	3,02	528000	1838000	301000	1,76	17840000	3,3	432,0	6,4	528,0	*	P	288	M267900	WR	1
409,575	546,100	334,962	334,962		5020000	0,42	1,62	2,41	374000	1304000	268000	1,40	13680000	1,5	431,0	6,4	510,0	9,0	S	217	M667900	WR	1
409,575	546,100	334,962	334,962		5560000	0,42	1,62	2,41	414000	1442000	296000	1,40	15760000	1,5	428,0	6,4	510,0	*	P	226	M667900	WR	1 & 3
415,925	590,550	434,975	434,975		8500000	0,33	2,03	3,02	633000	2200000	360000	1,76	22200000	3,3	444,0	6,4	549,0	*	P	396	M268700	BUR	1
415,925	590,550	434,975	434,975		*	*	*	*	*	*	*	*	*	3,3	444,0	–	549,0	–	S	*	*	WR	5
431,800	571,500	279,400	279,400		4200000	0,55	1,24	1,84	312000	1088000	292000	1,07	11240000	1,5	453,0	3,3	537,0	5,0	S	188	LM869400	WR	1
431,800	571,500	279,400	279,400		*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,5	453,0	–	537,0	–	S	*	*	WR	5
431,800	571,500	336,550	336,550		56800000	0,44	1,54	2,29	423000	1474000	317000	1,33	16520000	1,5	453,0	6,4	534,0	*	P	239	LM769300	WR, BUR	1
431,800	571,500	336,550	336,550		*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,5	453,0	–	534,0	–	P	*	*	WR	5
431,800	571,500	336,550	336,550		5420000	0,44	1,54	2,29	404000	1408000	303000	1,33	15480000	1,5	453,0	6,4	534,0	*	S	237	LM769300	WR, BUR	1 & 3
447,675	635,000	463,550	463,550		9760000	0,33	2,03	3,02	726000	2520000	413000	1,76	25720000	3,3	478,0	6,4	591,0	*	P	490	M270700	BUR	1 & 3
†450,000	†595,000	368,000	368,000		6800000	0,33	2,03	3,02	507000	1764000	289000	1,76	19120000	3,0	474,0	6,0	561,0	*	P	283	M270400	WR, BUR	1
†450,000	†595,000	368,000	368,000		6480000	0,33	2,03	3,02	482000	1678000	274000	1,76	17800000	3,0	474,0	6,0	561,0	*	S	274	M270400	WR, BUR	3
457,200	596,900	279,400	276,225		4460000	0,47	1,43	2,12	333000	1158000	269000	1,24	11240000	1,5	478,0	3,3	567,0	*	S	190	L770800	WR	1 & 3

Dimensioni, mm					Capacità, N									Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Utilizzo	Figura
					1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica										
d	D	T	B	TQOWE d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	C_{90}	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	R	d_a	r	D_b	A_b					
457,200	596,900	279,400	276,225		3680000	0,54	1,24	1,85	274000	956000	255000	1,07	9080000	1,5	478,0	3,3	567,0	*	S	182	L871300	WR	4
†460,000	†625,000	421,000	421,000		8420000	0,33	2,03	3,02	628000	2180000	357000	1,76	23000000	3,0	486,0	8,9	585,0	*	P	378	M271100	WR, BUR	1
†475,000	†600,000	368,000	368,000		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	S	*	*	WR	3
†475,000	†620,000	380,000	380,000		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	S	*	*	WR	3 & 5
482,600	615,950	330,200	330,200		5780000	0,33	2,03	3,02	430000	1498000	245000	1,76	16400000	3,3	504,0	6,4	585,0	10,0	S	235	LM272200	WR	1 & 3
482,600	615,950	330,200	330,200		*	*	*	*	*	*	*	*	*	6,4	509,0	–	585,0	–	S	*	*	WR	5
482,600	615,950	330,200	419,100	514,350	5780000	0,33	2,03	3,02	430000	1498000	245000	1,76	16400000	3,5	507,0	6,4	585,0	10,0	S	253	LM272200	WR	2
482,600	615,950	330,200	330,200		5260000	0,43	1,57	2,34	391000	1362000	288000	1,36	13560000	6,4	509,0	6,4	585,0	*	S	219	LM672100	WR	4
482,600	615,950	379,999	379,999		4460000	0,33	2,03	3,02	332000	1154000	189000	1,76	11960000	3,3	507,0	6,0	578,0	*	S	241	L272500	WR	3
482,600	635,000	421,000	421,000		7780000	0,33	2,03	3,02	580000	2020000	330000	1,76	22360000	3,0	507,0	6,4	603,0	*	P	359	M272400	WR, BUR	1
482,600	647,700	417,512	417,512		8440000	0,33	2,03	3,02	629000	2180000	358000	1,76	23840000	3,3	510,0	6,4	609,0	*	P	400	M272600	WR, BUR	1
489,026	634,873	320,675	320,675		5540000	0,47	1,43	2,12	412000	1436000	334000	1,24	15480000	3,3	516,0	3,3	600,0	8,5	S	254	LM772700	WR	1
501,650	711,200	520,700	520,700		12000000	0,33	2,03	3,02	898000	3120000	511000	1,76	32280000	3,3	534,0	6,4	663,0	*	P	691	M274100	BUR	1
508,000	695,325	415,925	415,925		9140000	0,33	2,03	3,02	680000	2360000	387000	1,76	22960000	3,3	537,0	6,0	654,0	*	P	475	LM274000	WR	1
†510,000	†655,000	379,000	377,000		7791500	0,33	2,03	3,02	579000	2020000	390330	1,76	*	1,6	531,0	6,4	624,0	12,0	S	313	*	WR	3
514,350	673,100	422,275	422,275		8460000	0,32	2,12	3,15	631000	2200000	344000	1,83	25160000	3,3	540,0	6,4	636,0	*	P	408	LM274400	WR, BUR	1
514,350	673,100	422,275	422,275		8100000	0,32	2,12	3,15	603000	2100000	329000	1,83	23600000	3,3	540,0	6,4	636,0	*	P	400	LM274400	WR, BUR	1 & 3
519,112	736,600	536,575	536,575		1288000	0,33	2,03	3,02	959000	3340000	546000	1,76	34680000	3,3	552,0	6,4	684,0	*	P	791	M275300	BUR	1
520,700	711,200	400,050	400,050		8780000	0,33	2,03	3,02	654000	2280000	373000	1,76	22920000	3,3	549,0	6,4	672,0	*	P	476	LM275300	WR	3
†550,000	†675,000	300,000	300,000		5400100	0,29	2,05	3,05	402000	1400000	201000	2,00	16000000	3,0	573,0	3,0	633,0	5,0	S	*	*	WR	1 & 3
558,800	736,600	322,268	322,265		7060000	0,34	1,97	2,93	526000	1830000	308000	1,70	18320000	3,3	585,0	6,4	699,0	*	P	378	843000	WR	1
558,800	736,600	409,575	409,575		8780000	0,35	1,95	2,90	653000	2280000	387000	1,69	25480000	3,3	588,0	6,4	696,0	*	P	482	LM377400	BUR	1

Fig. 1 : TQOW

Fig. 2 : TQOWE

Fig. 3 : 2TDIW

Fig. 4 : SWRB (tenute a cassetto)

Fig. 5 : SWRB (tenute compatte)

Note :
Tutte le serie seguenti possono essere proposte nella configurazione 2TDIW o con estensione e possono essere studiate nella versione con tenute,
Qualsiasi altra dimensione può essere presa in considerazione per soddisfare le vostre nuove esigenze,
Tutte le serie possono essere fornite con scanalature per la lubrificazione nella facce dei coni e con gole a spirale nell'alesaggio dei coni se richiesto,
† la dimensione indicata è il valore massimo,
* contattare l'Ingegnere di Vendita Timken.

TQOW-TQOWE 2TDIW-SWRB

Dimensioni, mm					Capacità, N									Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Utilizzo	Figura
				TQOWE	1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica										
d	D	T	B	d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	C_{90}	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	R	d_a	r	D_b	A_b					
558,800	736,600	457,200	455,612		10080000	0,33	2,03	3,02	751000	2620000	428000	1,76	29320000	3,3	588,0	6,4	696,0	*	P	535	LM277100	BUR	1
584,200	762,000	401,638	396,875		8280000	0,47	1,43	2,12	616000	2140000	499000	1,24	23520000	3,3	615,0	6,4	717,0	*	S	468	LM778500	WR	1
585,788	771,525	479,425	479,425		11240000	0,33	2,03	3,02	836000	2920000	476000	1,76	33120000	3,3	615,0	6,4	726,0	*	P	606	LM278800	BUR	1
595,312	844,550	615,950	615,950		16600000	0,33	2,03	3,02	1240000	4300000	704000	1,76	45600000	3,3	633,0	6,4	786,0	*	P	1155	M280000	BUR	1 & 3
603,250	857,250	622,300	622,300		17120000	0,33	2,03	3,02	1280000	4440000	726000	1,76	47200000	3,3	642,0	6,4	798,0	*	P	1208	M280200	BUR	1 & 3
609,600	787,400	361,950	361,950		7780000	0,37	1,82	2,71	579000	2020000	367000	1,58	22480000	3,3	636,0	6,4	747,0	*	P	467	649000	WR	1
609,600	787,400	361,950	361,950		6980000	0,37	1,82	2,71	519000	1808000	330000	1,58	19640000	6,4	642,0	–	747,0	*	P	455	L480200	WR	5
609,600	813,562	479,425	479,425		11460000	0,33	2,03	3,02	854000	2980000	486000	1,76	31840000	3,0	639,0	6,4	771,0	*	P	698	LM280200	BUR	1
609,600	863,600	660,400	660,400		18020000	0,33	2,03	3,02	1340000	4680000	764000	1,76	48800000	3,3	648,0	6,4	807,0	*	P	1263	M280300	BUR	1
635,000	901,700	654,050	654,050		18740000	0,33	2,03	3,02	1400000	4860000	794000	1,76	51600000	3,3	675,0	6,4	843,0	*	P	1437	M281000	BUR	1
646,112	857,250	542,925	542,925		13980000	0,33	2,03	3,02	1040000	3620000	593000	1,76	41600000	3,3	678,0	6,4	810,0	*	P	873	LM281000	BUR	1
649,925	914,898	674,000	672,000		19780000	0,33	2,03	3,02	1470000	5120000	839000	1,76	54800000	3,5	690,0	6,0	855,0	*	P	1437	M281300	BUR	1
659,925	854,923	318,480	400,842	708,025	6380000	0,35	1,92	2,86	475000	1654000	286000	1,66	17360000	5,0	693,0	9,7	807,0	*	S	457	749000	WR	2
660,400	812,800	365,125	365,125		8140000	0,33	2,03	3,02	606000	2120000	345000	1,76	26480000	3,3	683,0	6,4	777,0	*	P	415	L281100	WR	1
660,400	812,800	365,126	365,126		7540000	0,33	2,03	3,02	561000	1954000	320000	1,76	23760000	3,3	687,0	6,4	777,0	11,0	S	398	L281100	WR	3
685,800	876,300	355,600	352,425		8200000	0,42	1,62	2,42	610000	2120000	434000	1,40	25200000	3,3	717,0	6,4	831,0	*	P	549	655000	WR	1
685,800	876,300	355,600	434,975	730,250	8200000	0,42	1,62	2,42	610000	2120000	434000	1,40	25200000	3,3	717,0	6,4	831,0	*	P	578	655000	WR	2
708,025	930,275	565,150	565,150		15820000	0,33	2,03	3,02	1180000	4100000	670000	1,76	48000000	3,3	741,0	6,4	879,0	*	P	1061	LM282500	BUR	1

Dimensioni, mm					Capacità, N									Dimensioni, mm					Gabbia	Massa kg	Serie del cuscinetto	Utilizzo	Figura
					1 x 10^6 cicli				90 x 10^6 cicli				Statica										
d	D	T	B	TQOWE d_1	$C_{1(4)}$	e	Y_1	Y_2	C_{90}	$C_{90(4)}$	C_{a90}	K	$C_{0(4)}$	R	d_a	r	D_b	A_b					
†710,000	†900,000	410,000	410,000		9780000	0,52	1,29	1,92	728000	2540000	654000	1,11	30520000	3,3	741,0	6,4	852,0	*	P	633	L882400	WR	1
711,200	914,400	317,500	317,500		7100000	0,38	1,77	2,64	529000	1840000	344000	1,54	20760000	3,3	744,0	6,4	873,0	*	P	537	755000	WR	1
711,200	914,400	317,500	425,450	774,700	6540000	0,38	1,77	2,64	488000	1698000	318000	1,54	18520000	8,0	753,0	6,4	873,0	*	S	572	755000	WR	2
714,375	1016,000	704,850	704,850		22000000	0,35	1,92	2,86	1640000	5700000	984000	1,66	63200000	3,3	759,0	6,4	948,0	*	P	1909	M383200	BUR	1
717,550	946,150	565,150	565,150		15920000	0,33	2,03	3,02	1190000	4120000	675000	1,76	48800000	3,3	753,0	6,4	894,0	*	P	1127	LM282800	BUR	1
730,250	1035,050	755,650	755,650		24400000	0,33	2,03	3,02	1810000	6320000	1030000	1,76	68400000	3,3	774,0	6,4	966,0	*	P	1536	M283400	BUR	1
762,000	1066,800	736,600	723,900		24000000	0,33	2,03	3,02	1790000	6240000	1020000	1,76	67600000	Spec	819,0	12,7	996,0	*	P	2140	M284100	BUR	1
762,000	1079,500	787,400	787,400		26200000	0,33	2,03	3,02	1950000	6800000	1110000	1,76	74400000	4,8	810,0	12,7	1005,0	*	P	2401	M284200	BUR	1
825,500	1168,400	844,550	844,550		30600000	0,33	2,03	3,02	2270000	7920000	1290000	1,76	87600000	4,8	879,0	12,7	1085,0	*	P	3025	M285800	BUR	1 & 3
863,600	1130,300	669,925	669,925		22200000	0,33	2,03	3,02	1660000	5780000	944000	1,76	69600000	4,8	906,0	12,7	1065,0	*	P	1837	LM286200	BUR	1 & 3
863,600	1181,100	666,750	666,750		24400000	0,33	2,03	3,02	1820000	6340000	1040000	1,76	66800000	4,8	909,0	12,7	1110,0	*	P	2234	LM286400	BUR	1
863,600	1219,200	889,000	876,300		33000000	0,33	2,03	3,02	2460000	8580000	1400000	1,76	95200000	4,8	918,0	12,7	1135,0	*	P	3340	547000	BUR	1 & 3
877,888	1219,873	844,550	844,550		30400000	0,33	2,03	3,02	2260000	7880000	1290000	1,76	89200000	4,8	930,0	12,7	1136,0	*	P	3001	LM286700	BUR	3
901,700	1295,400	914,400	901,700		38200000	0,34	2,01	2,99	2850000	9920000	1640000	1,74	106000000	4,8	960,0	12,7	1205,0	*	P	2749	634000	BUR	1
938,212	1270,000	825,500	825,500		31200000	0,33	2,03	3,02	2320000	8080000	1320000	1,76	94400000	4,8	990,0	12,7	1190,0	*	P	3124	LM287600	BUR	1 & 3
939,800	1333,500	952,500	952,500		39000000	0,33	2,03	3,02	2910000	10120000	1650000	1,76	113600000	4,8	999,0	12,7	1240,0	*	P	4436	LM287800	BUR	1 & 3
939,800	1333,500	952,500	1069,975	1031,113	39000000	0,33	2,03	3,02	2910000	10120000	1650000	1,76	110400000	4,8	1010,0	12,7	1240,0	*	P	4522	LM287800	BUR	2
1006,475	1295,400	764,000	764,000		27800000	0,33	2,03	3,02	2060000	7180000	1170000	1,76	94000000	4,8	1055,0	12,7	1225,0	*	P	2630	LM288200	BUR	1
1070,000	1400,000	890,600	890,000		35200000	0,33	2,03	3,02	2630000	9140000	1500000	1,76	118400000	5,0	1120,0	13,0	1320,0	*	P	3753	LM288400	BUR	3
1139,825	1509,712	923,925	923,925		42043000	0,33	2,03	3,02	3130000	10900000	1780000	1,76	122000000	4,8	1200,0	12,7	1410,0	*	P	4306	*	WR	1 & 3
1200,150	1593,850	990,600	990,600		46200000	0,33	2,03	3,02	3440000	11980000	1960000	1,76	148000000	4,8	1260,0	12,7	1500,0	*	P	5619	LM288900	BUR	1
†1500,000	†1915,000	1105,000	1220,000		58000000	0,33	2,03	3,02	4310000	15020000	2460000	1,76	211200000	Spec	1577,0	13,0	1815,0	10,0	P	8182	L289400	BUR	3

7 Glossario

2TS-DM

assemblaggio di due cuscinetti TS - montaggio diretto

2TS-IM

assemblaggio di due cuscinetti TS - montaggio indiretto

α

angolo di contatto del cuscinetto

ACCIAIO “CEVM”

acciaio fuso sottovuoto ad elettrodo consumabile

ACCIAIO “ESR”

acciaio rifuso elettricamente sotto scoria protettiva

ACCIAIO “VAR”

acciaio rifuso ad arco sottovuoto

ANGOLO DI CONTATTO “α“

metà dell’angolo della coppa (delimitato dalle sue piste)

APEX (disegno “on-apex”)

le generatrici dei rulli e delle piste degli anelli interno ed esterno si incontrano tutte nello stesso punto sull’asse del cuscinetto

BEP (Bench EndPlay)

Gioco assiale del cuscinetto assemblato al banco, prima del montaggio

BPL (Bench PreLoad)

Precarico assiale del cuscinetto assemblato al banco, prima del montaggio

BORDINO (bordino grande del cono)

bordino usato per mantenere, guidare ed allineare i rulli nel cuscinetto assemblato

BORDINO (bordino piccolo del cono)

bordino sulla faccia piccola dell’anello interno, aiuta a mantenere i rulli e la gabbia in posizione sull’anello interno

BORDINO ESTESO

faccia grande o piccola dell’anello interno che è stata allungata per agire come sede di una tenuta

$C_{0(1)}$, $C_{0(2)}$, $C_{0(4)}$, $C_{0(6)}$

capacità statiche per 1, 2, 4 e 6 file rispettivamente

$C_{1(1)}$, $C_{1(2)}$, $C_{1(4)}$, $C_{1(6)}$

capacità radiale basata su 1 milione di cicli per 1, 2, 4 e 6 file rispettivamente

$C_{90(1)}$, $C_{90(2)}$, $C_{90(4)}$, $C_{90(6)}$,

capacità radiale basata su 90 milioni di cicli per 1, 2, 4 e 6 file rispettivamente

C_{a1}

capacità assiale basata su 1 milione di cicli per 1 fila

C_{a90}

capacità assiale basata su 90 milioni di cicli per 1 fila

CARICO ASSIALE “indotto”

componente assiale del carico radiale esterno scomposta secondo l’angolo di contatto α

CENTRO DI SPINTA EFFETTIVO DEL CUSCINETTO

punto sull’asse del cuscinetto dove è applicato il carico

CENTRO GEOMETRICO DEL CUSCINETTO

proiezione perpendicolare della mezzeria del rullo sull’asse del cuscinetto

Cono

anello interno del cuscinetto

Contatto bordino-rullo

contatto ellittico tra la base sferica del rullo e la superficie interna del bordino grande dell’anello interno

Contatto di rotolamento

contatto tra le piste dei rulli e le piste dell’anello interno ed esterno

Contatto di strisciamento

contatto tra la base del rullo e il bordino grande del cono

Coppa

anello sterno del cuscinetto

Cuscinetti impilati (tandem)

assemblaggio di diversi cuscinetti TS con i centri effettivi tutti nella stessa direzione

cSt

centistokes : unità di misura della viscosità

Diametro medio del rullo

diametro del rullo misurato al centro della pista

Disassamento

angolo tra gli assi dell’anello interno e dell’anello esterno

Distanza dei centri di spinta effettivi dei cuscinetti

distanza tra i due centri effettivi dei cuscinetti

Durata : L_{10}

durata calcolata raggiunta dal 90 % dei cuscinetti

Durata : sistema

considera le durate combinate nelle diverse file dei cuscinetti. La durata del sistema è sempre inferiore della durata più bassa del singolo componente

Durezza HRC

Rockwell C : unità di misura della durezza superficiale -i cuscinetti a rulli conici Timken hanno una durezza superficiale da 58 a 62 HRC

Errore di rotazione “radiale” (Runout)

precisione di rotazione misurata radialmente su un cuscinetto assemblato

Faccia anteriore del cono (CFF)

faccia piccola del cono

Faccia anteriore della coppa (CFF)

faccia piccola della coppa

Faccia posteriore del cono (CBF)

faccia grande del cono

Faccia posteriore della coppa (CBF)

faccia grande della coppa

Fattore K

usato nel calcolo Timken :

K = 0,389 x cot α

K = rapporto tra capacità di carico radiale ed assiale

Gabbia “a perni”

gabbia fatta con perni passanti attraverso/o tra (perni esterni) i rulli e saldati ad entrambe le estremità a due anelli esterni della gabbia

Gabbia “lavorata”

gabbia ottenuta per fresatura dal pieno

Gabbia “stampata”

gabbia formata da lamiera di acciaio con tasche ricavate successivamente

Gioco “assiale”

spostamento assiale possibile tra un anello interno ed il suo corrispondente anello esterno tra un sistema di cuscinetti a due file di rulli conici

Gioco della gabbia

spazio necessario attorno alla gabbia del cuscinetto per evitare ogni contatto con altri componenti

Gioco “radiale”

spostamento radiale possibile tra gli anelli interni e gli anelli esterni in un sistema di cuscinetti a due file di rulli conici

Intraversamento

disassamento positivo o negativo del rullo sulla pista del cono

Lunghezza effettiva del rullo

lunghezza della pista del rullo che sopporta il carico

MEP (Gioco montato)

gioco radiale od assiale rimasto nel cuscinetto dopo il montaggio nell’applicazione

Montaggio diretto

in un sistema a due file, i centri effettivi delle due file sono orientati verso l’interno

Montaggio indiretto

in un sistema a due file, i centri effettivi delle due file sono orientati verso l’esterno

Moto di puro rotolamento

lungo le piste di un rullo, per il concetto conico tutti i punti ruotano alla stessa velocità

Rulli

elemento rotolante a cono tronco del cuscinetto (generalmente da 15 a 50 rulli per fila in funzione delle dimensioni)

SWRB

cuscinetti con tenute per cilindri di lavoro

Zona di carico

porzione angolare del cuscinetto che sopporta il carico

Tabella di conversione

in (pollice)	1 in = 25.4 mm
lb (libbra)	1 lb = 0.45 kg
l (litro)	1 l = 0.0353 ft^3 1 l = 61.02in^3 1 l = 1000 cm^3
m (metro)	1 m = 3.28 ft
mm (millimetro)	1 mm = 0.03937 in
N (newton)	1 N = 0.225 lbf
Bar	1 bar = 10^5 Pa
psi (libbra per pollice quadrato)	1 psi = 6894 Pa 1 psi = 0.0689 bar